



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

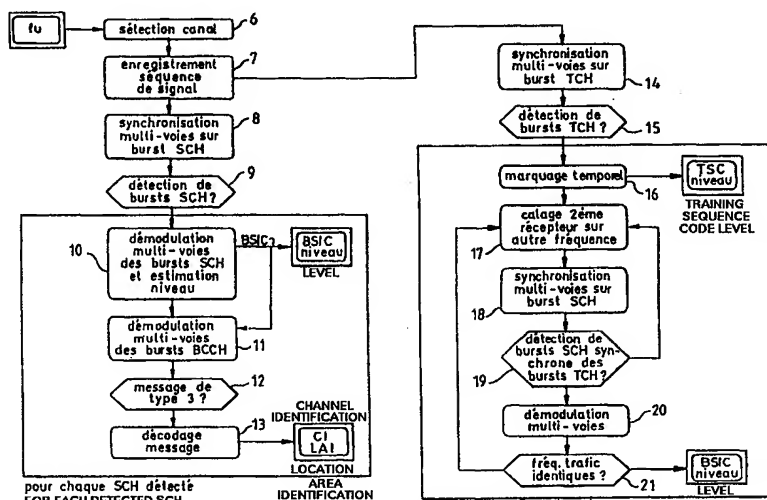
(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>H04Q 7/34</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/04588</b> (43) Date de publication internationale: 28 janvier 1999 (28.01.99)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/01511</p> <p>(22) Date de dépôt international: 10 juillet 1998 (10.07.98)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 97/08954 15 juillet 1997 (15.07.97) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): MONOT, Jean-Jacques [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, Dépt. Protection et Conseil, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). PIPON, François [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, Dépt. Protection et Conseil, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). LASNIER, Frédérique [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, Dépt. Protection et Conseil, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).</p> <p>(74) Mandataire: THOMSON-CSF PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE; Dépt. Protection et Conseil, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.</i></p>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ANALYSING INTERFERENCE IN A CELLULAR RADIOCOMMUNICATION SYSTEM

(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ANALYSE DES INTERFERENCES DANS UN SYSTEME DE RADIOCOMMUNICATION CELLULAIRE

## (57) Abstract

The invention concerns a method for searching on a predetermined analysis frequency and inside a cell the source of interference caused by neighbouring cells, consisting in: carrying out (8) multichannel synchronisation on the training sequences of beacon frequencies to determine the number of base stations using the analysis frequency as beacon frequency; in demodulating (10) after spatial filtering the base station identifiers transmitting beacon frequencies on which synchronisation has been carried out; carrying out (14) multichannel synchronisation on the training sequences of traffic frequencies to determine the number of base stations using the analysis frequency as traffic frequency. The invention is applicable to GSM networks.



## (57) Abrégé

Le procédé consiste pour rechercher sur une fréquence d'analyse déterminée et à l'intérieur d'une cellule la provenance d'interférences causées par des cellules voisines, à effectuer (8) une synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage des fréquences de balise pour déterminer le nombre de stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de balise, à démoduler (10) après filtrage spatial les identifiants des stations de base émettrices des fréquences de balise sur lesquelles une synchronisation a été prise, à effectuer (14) une synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage des fréquences de trafic pour déterminer le nombre de stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de trafic. Applications: réseaux GSM.

### *UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION*

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

**Procédé et dispositif d'analyse des interférences dans un système de radiocommunication cellulaire.**

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour  
5 l'analyse des interférences dans un système de radiocommunication cellulaire de type GSM ou DCS 1800 par exemple.

Dans un système de radiocommunication cellulaire la couverture d'un territoire déterminé a lieu en utilisant des cellules desservies par des stations de base et en appliquant un motif de  
10 réutilisation des fréquences, qui permet d'augmenter la capacité du réseau.

Différents types de cellules sont utilisés. Ceux-ci sont constitués de macrocellules et de microcellules. Une macrocellule met en oeuvre une station de base placée sur un point élevé comme le toit d'un  
15 immeuble et son rayon peut atteindre plusieurs kilomètres. Une microcellule dessert des zones de plus faible rayon de quelques centaines de mètres. Elle met en oeuvre une ministation de base dont l'aérien est situé généralement en dessous du toit des bâtiments, sur des poteaux d'éclairage par exemple.

20 Dans ces systèmes la réutilisation importante des fréquences, en particulier dans des zones de forte densité d'abonnés, fait apparaître des interférences importantes en co-canal et sur des canaux adjacents. Une planification du réseau est donc nécessaire pour éliminer ces interférences. Cette planification est réalisée par un opérateur qui dispose  
25 d'un certain nombre d'outils logiciels et matériels lui permettant d'apprécier la conformité entre la population d'abonnés à desservir et la capacité du réseau mis en place.

L'outillage logiciel permet à l'opérateur de prévoir l'implantation des stations de base et leur caractéristiques en fonction de la population  
30 d'abonnés à desservir.

L'outillage matériel est transporté sur des véhicules. Il comporte une fonction de trace permettant le stockage de mesures effectuées sur le réseau.

Dans le cadre d'un réseau GSM, le problème d'interférences principal a lieu sur la liaison descendante entre station de base et mobile  
35 car les stations de base sont généralement placées sur des points hauts

idéaux pour l'émission de signaux à de longues distances. L'ingénierie du réseau prévoit généralement un « tilt », c'est à dire une inclinaison des antennes afin de forcer le rayonnement de la station de base à ne recouvrir que le territoire intérieur à sa cellule. Mais ce « tilt » n'est pas  
5 toujours suffisant pour éviter des rayonnements intempestifs vers des cellules adjacentes qui sont la cause d'interférences entre les émissions des différentes stations de base.

Le problème est alors pour l'opérateur d'identifier la provenance des interférences détectées dans les cellules voisines. Cette détection  
10 s'effectue ordinairement à l'aide de mobiles de trace relativement peu sophistiqués dont l'équipement est similaire de celui équipant les mobiles de communication habituels. Ces mobiles de trace fournissent à l'opérateur les informations utilisées par les mobiles habituels pour qualifier une communication c'est à dire les informations RX LEVEL et RX  
15 QUAL. Ces informations, dont le mode d'obtention est décrit dans la norme GSM permettent de qualifier le niveau de signal reçu (RX LEVEL) ainsi que la qualité de la communication (RX QUAL). Dans ces conditions une situation d'interférence est détectée lorsque le niveau du signal reçu est fort alors que la qualité de la communication est déclarée  
20 mauvaise. Le problème pour l'opérateur est alors d'identifier le brouilleur alors que le mobile de trace n'en fournit aucun identifiant ou marquant.

En outre, les outils logiciels de planification sont incapables de prendre des particularités locales comme par exemple une ouverture dans une rangée d'immeubles qui favorise des rayonnements indésirables.

25 La procédure suivie par l'opérateur fait largement appel à son expérience. Elle consiste, par déduction à l'aide de la base de données de planification, à identifier la station perturbatrice en la déconnectant momentanément du réseau afin de vérifier l'amélioration de la qualité des communications. Cependant ces opérations restent contraignantes car  
30 d'une part, elles demandent une très bonne expérience terrain à la personne chargée d'effectuer l'analyse et d'autre part, la déconnexion des stations de base suspectes conduit à une dégradation du service.. En outre, dans une configuration très urbanisée comme c'est par exemple le cas dans une ville comme Paris ou le déploiement microcellulaire est

considérable, l'analyse basée sur l'expérience n'est pratiquement plus envisageable.

Le but de l'invention est de pallier les inconvénients précités en proposant une solution de détermination fiable d'interférences entre  
5 fréquences de trafic qui ne disposent pas intrinsèquement de marquants.

A cet effet l'invention a pour objet, un procédé d'analyse des interférences dans un système de radiocommunication cellulaire comportant des fréquences de balise et des fréquences de trafic caractérisé en ce qu'il consiste pour rechercher sur une fréquence  
10 d'analyse déterminée et à l'intérieur d'une cellule la provenance d'interférences causées par des cellules voisines,

- à effectuer une synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage des fréquences de balise pour déterminer le nombre de stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de  
15 balise,

- à démoduler après filtrage spatial les identifiants des stations de base émettrices des fréquences de balise sur lesquelles une synchronisation a été prise,

- à effectuer une synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage des fréquences de trafic pour déterminer le nombre de stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de  
20 trafic.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé précité.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- La figure 1 un exemple d'architecture connue d'un système GSM,

30 - La figure 2 la structure d'un réseau GSM,

- La figure 3 un mode de réutilisation de fréquences,

- La figure 4 un mode de réalisation fonctionnel d'un dispositif d'analyse d'interférences selon l'invention,

- Les figures 5 et 6 des modes d'implantation de réseaux d'antennes du dispositif représenté à la figure 4,  
35

## 4

- La figure 7 un algorithme d'identification de stations de base sous la forme d'un organigramme,
- Les figures 8A, 8B, 8C des formats des bursts de données FCH, SCH, et de trafic du système GSM,
- 5       - La figure 9 la structure de la multi-trame 51 de la fréquence balise du système GSM,
- La figure 10, le mode de codage d'un premier niveau d'identification émis sur les bursts de type SCH du système GSM,
- La figure 11, le mode de codage d'un deuxième niveau
- 10 d'identification permettant d'identifier l'identité de la cellule qui est transmise par une station de base sur la fréquence de balise à l'aide des bursts BCCH.
- La figure 12, un exemple de résultats d'intercorrélation effectuées sur les séquences de référence des bursts de trafic du
- 15 système GSM pour le tri des bursts TCH,
- La figure 13, une illustration d'un cas de fausse alarme produites par les pics secondaires obtenus en résultat de l'intercorrélation des séquences de référence,
- La figure 14, une représentation sous la forme d'un
- 20 organigramme d'un algorithme de tri principal des bursts TCH pour éliminer les fausses alarmes,
- La figure 15, un algorithme de tri préliminaire des bursts TCH sous la forme d'un organigramme
- La figure 16, un graphe de diversité spatiale obtenue en sortie
- 25 des capteurs du système antenne du dispositif de la figure 4,
- La figure 17, un schéma de principe simplifié d'un démodulateur mis en oeuvre pour la réalisation d'un dispositif selon l'invention,
- La figure 18, un schéma pour illustrer le principe de
- 30 fonctionnement d'un filtrage spatial mis en oeuvre dans le dispositif selon l'invention,
- Les figures 19 et 20 des diagrammes montrant des performances en anti-brouillage qui peuvent être obtenues par la mise en oeuvre du procédé selon l'invention,

- La figure 21 une structure d'égaliseur pouvant être mis en oeuvre pour la réalisation du dispositif selon l'invention.

-La figure 22 un schéma illustrant le test des ambiguïtés de synchronisation entre séquences TSC.

5           -La figure 23 un deuxième mode de réalisation fonctionnel d'un dispositif d'analyse d'interférences selon l'invention.

L'architecture du système GSM qui est représentée à la figure 1 permet d'assurer des communications numériques entre des mobiles et des abonnés du réseau public commuté. Pour que le système puisse offrir  
10 ces services, une série de fonctions sont nécessaires. Ces fonctions sont celles requises par tout réseau de mobiles. Ce sont notamment la fonction de numérotation, la fonction d'acheminement vers un usager mobile, la fonction de transfert de cellules etc. Ces fonctions sont regroupées dans des entités fonctionnelles représentées  
15 schématiquement aux figures 1 et 2. Elles sont composées de stations mobiles MS, de sous systèmes radio BSS et de sous systèmes de gestion et d'acheminement NSS. Les références MS, BSS et NSS sont respectivement les abréviations anglo-saxonnes pour « Mobile station », « Base Station System », et « Network and Switching Sub-System ».

20           Par station mobile il faut entendre un équipement physique qui est utilisé par un usager qui se déplace au travers de cellules d'un réseau. Cette station mobile permet à l'utilisateur d'accéder aux services de télécommunication offerts. Différents types de stations mobiles existent, elles se différencient suivant qu'elles sont montées sur des véhicules, ou  
25 qu'elles ont la forme d'appareils portables ou portatifs.

Un sous-système radio est un équipement qui assure la couverture d'une zone géographique déterminée, appelée cellule. Il contient les matériels et les logiciels nécessaires pour communiquer avec les stations mobiles. Au plan fonctionnel un sous système radio assure  
30 une fonction de contrôle à l'aide d'un contrôleur de stations de base BSC et une fonction de transmission radio supportée par des stations de base BTS. Les appellations BSC et BTS sont les abréviations anglo-saxonnes pour « Base Station Controller » et « Base Transceiver Station ». Le territoire de chaque cellule est couvert à l'aide d'une station de base.  
35 Celle-ci gère les liaisons avec les stations mobiles MS à l'aide d'une

interface appelée « radio interface ». Les relations entre les stations de base BTS et leur contrôleur de stations de base sont définies par un interface dénommé « Interface Abis ». Les contrôleurs de station de base sont reliés au reste du réseau à l'aide d'un interface appelé « Interface A ».

Un sous-système de gestion et d'acheminement NSS se compose de trois éléments dénommés ci-après MSC, HLR, et VLR. L'élément MSC est un commutateur de service mobile chargé de l'acheminement des communications à partir de et vers les mobiles dans une cellule. L'élément HLR est une base de données où sont enregistrés les paramètres permanents d'un abonné ; il contient par ailleurs pour chaque mobile une information permettant de le localiser. Cette information est mise à jour de façon permanente. L'élément VLR est une base de données où est enregistrée une localisation fine du mobile en zone d'appel.

La structure du réseau est cellulaire, sa capacité est obtenue en maillant le territoire à l'aide de cellules desservies chacune par une station de base.

Une caractéristique importante d'un réseau GSM est la réutilisation des fréquences à travers le réseau .Le nombre de cellules juxtaposées utilisant les mêmes fréquences est indiqué par un motif de réutilisation. L'exemple de planification du réseau cellulaire de la figure 3 est celui d'un réseau où le motif de réutilisation a une taille de 4. On constate que la fréquence de la cellule n°3 est réutilisée à une faible distance et que des interférences peuvent survenir entre les cellules.

Le dispositif selon l'invention qui est représenté à la figure 4 permet d'identifier dans une cellule les interférences causées par des cellules voisines. Ce dispositif comprend un réseau d'antennes 1 couplé à un récepteur multivoies 2 permettant la réception synchrone des signaux reçus par chacune des antennes. Un équipement de traitement numérique 3 couplé au récepteur multivoie 2 permet d'effectuer la numérisation des signaux fournis par le récepteur 2 et d'assurer par l'intermédiaire d'une console 4 l'interface avec un utilisateur. Une interface de stockage 5 couplée à l'équipement de traitement numérique 3 assure le stockage des éléments détectés.



L'équipement de traitement numérique 3 détecte le type de canal fréquentiel sur lequel est positionné le système de réception et effectue une classification entre fréquences de balise et de trafic. Il détermine, sur un canal de type balise, le mot d'identification BSIC qui est l'abréviation anglo-saxonne « Base Station Identification Colour », de chaque cellule « Best server » et des cellules interférentes, obtenu après démodulation de bursts SCH ainsi que l'identité CI de chaque cellule et son code de localisation LAC, après démodulation des bursts BCCH. Enfin, sur un canal de type trafic il détermine la liste des séquences de référence TSC détectées sur le canal, ainsi que des niveaux de réception associés, recherche une fréquence de balise synchrone de la fréquence de trafic et la démodule afin de fournir la liste des fréquences de trafic associées ; en cas de concordance entre la liste et la fréquence de trafic détectées, la fréquence de balise est décodée pour fournir l'identité CI, et le code de localisation LAC. Le synchronisme entre fréquence de balise et fréquence de trafic correspond à une concordance temporelle dans l'émission des bursts sur les deux fréquences.

Le réseau d'antennes 1 peut être constitué à titre d'exemple, d'antennes connues sous la désignation GSM/DCS1800 disposées sur le pavillon d'un véhicule en s'assurant que l'écartement entre chaque éléments est au moins égal à 0,5 fois la plus grande longueur d'onde utilisée de façon à obtenir pour chaque émission des états de fading indépendants sur chaque capteur. La répartition géométrique importe peu et le nombre d'antennes employé peut être variable, cependant le chiffre 5 correspond à un bon équilibre entre performances et complexité de traitement. Des exemples d'implantation d'antennes sont montrés aux figures 5 et 6.

Afin d'offrir une souplesse d'utilisation et d'exploitation, les fonctions du dispositif peuvent être complétées par une fonction de positionnement de type GPS afin de corréler les hypothèses de brouillage avec la planification du réseau et le lieu de la mesure, et une fonction de téléopération et de télémesure, afin d'avoir un équipement autonome sur le lieu de la mesure.

L'identification des stations de base mises en cause par un phénomène d'interférence a lieu suivant les étapes 6 à 21 du procédé

représenté sur l'organigramme de la figure 7. Ce procédé permet d'effectuer pour chaque canal sélectionné d'une part, la recherche des stations de base utilisant ce canal comme fréquence de balise, avec un décodage des messages de type 3 pour obtenir l'identité de la cellule CI et le code de sa localisation LAC et d'autre part, la recherche des stations de base utilisant ce canal comme fréquence de trafic, ainsi que la recherche de la fréquence de balise associée en identifiant celle-ci grâce au synchronisme des bursts émis sur les fréquences de balise et de trafic par une même station de base.

10 Cette identification a lieu en tenant compte des spécificités du système GSM, à savoir qu'il prévoit deux types d'utilisation des canaux fréquentiels associés à chaque station de base, un canal fréquentiel de balise et des canaux fréquentiels de trafic.

15 Le canal fréquentiel de balise (un seul par station) permet à la station de base de diffuser aux mobiles desservis par la cellule un certain nombre d'informations de signalisation non dédiées à une communication ou à un mobile. Il sert également de référence fréquentielle pour les mobiles et est émis à un niveau constant même s'il n'est pas porteur d'information de trafic car une émission à un niveau constant permet aux mobiles d'effectuer une identification rapide. Il véhicule également des bursts spécifiques (bursts SCH) permettant une synchronisation temporelle et l'identification des séquences de référence (TSC) qui sont utilisées pour les bursts de signalisation.

20 Les canaux fréquentiels de trafic sont tous les autres canaux fréquentiels utilisés, ils véhiculent principalement des bursts de trafic (burst TCH) et présentent de l'énergie uniquement lorsqu'une communication est véhiculée sur les bursts TCH.

Suivant l'organigramme de la figure 7 lorsque le dispositif est positionné à l'étape 6 sur une fréquence qu'il doit analyser, sa première tâche est d'identifier à quels types de canal fréquentiel il est confronté. Si un canal de balise est présent sur le canal analysé l'identification est aisée et se fait sur l'identifiant CI de la cellule émettrice alors que dans le cas d'un canal de trafic cet identifiant n'existe pas hormis par le biais de la séquence TSC utilisée. Pour ce faire, le dispositif effectue à l'étape 8 une synchronisation multivoies de burst SCH sur une séquence de

30  
35

référence longue de 64 bits comme indiqué sur la figure 8. Cette séquence présente des performances d'autocorrélation suffisantes qui permettent d'identifier aisément des situations d'interférences signalés par plusieurs pics de synchronisation. Ces bursts sont présents sur  
5 l'intervalle temporel TNO de la multitrame 51 de la fréquence de balise, comme indiqué sur la figure 9. Sur cette figure sont également représentés par leur première lettre, les emplacements des bursts FCH, BCCH et PAGCH. Les bursts FCH repérés par la lettre F sont des bursts non modulés qui correspondent à une porteuse et qui permettent aux  
10 mobiles d'effectuer une détection rapide des fréquences de balise. Les bursts BCCH repérés par la lettre B sont des bursts de signalisation générale, à destination de tous les mobiles qui transportent la signalisation et qui contiennent les informations d'identification des cellules (CI) et de localisation (LAC). Les bursts PAGCH repérés par la  
15 lettre P sont des bursts d'appels de mobiles. Ces deux derniers types de bursts sont comme les bursts TCH des bursts de trafic qui véhiculent la phonie.

Le procédé continue à l'étape 10 de l'organigramme de la figure 7, en effectuant une démodulation multivoies des bursts SCH  
20 repérés sur la figure 9 par la lettre S, afin d'extraire le code d'identification des stations BSIC. Le code BSIC contient deux informations. Une première information indique le numéro PLMN du réseau et une deuxième information indique la séquence de référence TSC qui va être utilisée par la station de base sur les bursts de  
25 signalisation. Cette deuxième information est codée de la manière représentée à la figure 10. Le codage met en oeuvre un code cyclique pour la génération d'un code correcteur d'erreur CRC ainsi qu'un code convolutif pour améliorer les performances de démodulation. L'intérêt de décoder le code BSIC est qu'il permet l'identification des stations de base  
30 en présence. Une consultation d'une base de donnée de planification permet ensuite d'isoler les stations présentant les mêmes émissions de fréquence balise et le même code BSIC.

Un deuxième type d'information qui permet d'identifier les stations en présence est l'information CI qui est l'abréviation anglaise de  
35 « cell identity ». Cette information est transmise par les stations de base

sur la fréquence balise à l'aide des bursts BCCH. Ces bursts ont pour but de véhiculer des messages de signalisation système notamment le message de type 3 qui contient les informations d'identification CI et LAI, LAI étant l'abréviation anglo-saxonne de « Location Area Identification »  
5 qui permet d'identifier un groupement de cellules dans lequel est diffusé un appel. Le message de type 3 est émis de manière cyclique sur la fréquence de balise au rythme de deux fois par cycle de deux secondes. Ceci donne la possibilité au dispositif de stocker au minimum une seconde de signal et de disposer ainsi d'au moins une récurrence du  
10 message de type 3. Les informations CI et LAI sont codées suivant le schéma de la figure 11. Ce codage consiste à répartir le message sur les 4 bursts BCCH de la multiframe 51 à partir d'un entrelacement de bloc résultant d'un codage convolutif du message de type 3 auquel est adjoint un code CRC correcteur d'erreur.

15 L'identification des séquences de référence utilisées sur les canaux a lieu par l'exécution des étapes 14 à 16 de l'organigramme de la figure 7. Les étapes 14 et 15 sont des étapes préliminaires qui consistent à effectuer d'abord à l'étape 14 une synchronisation multivoies sur les bursts TCH avant d'effectuer leur détection à l'étape 15. Seulement 3  
20 types de forme d'ondes bursts représentés à la figure 8 sont utilisés. Elles concernent les bursts FCH, les bursts SCH et les bursts de trafic. Tous les bursts BCCH, PAGCH, etc. sont en fait des bursts disposant de la même structure physique que les bursts TCH et qui consistent en une séquence de 26 symboles encadrés de deux zones de données de 58  
25 symboles utiles. En fait la norme GSM prévoit l'utilisation de 8 différentes séquences de référence encore appelées en anglais TSC « Training Séquence code » qui permettent une séparation des communications utilisant la même fréquence. En conséquence, la synchronisation multivoies de l'étape 14 a lieu en effectuant successivement un test de  
30 chacune des séquences possibles et en fournissant la position des bursts détectés ainsi que les séquences détectées.

Les étapes 16 à 21 de la figure 7 ont pour but d'identifier la station de base émettrice de la fréquence de trafic perturbatrice. Pour cela, le procédé effectue à l'étape 16 un marquage temporel de l'arrivée  
35 des bursts de trafic perturbateurs, et positionne le système sur une autre

fréquence à l'étape 17. Sur cette fréquence, il va rechercher à l'étape 18, des bursts SCH respectant un rythme TDMA cohérent avec celui indiqué par le marquage temporel de l'étape 16. L'étape 19 permet d'effectuer la détection : si elle trouve un burst SCH qui respecte le rythme TDMA, 5 alors le procédé passe à l'étape 20, sinon il revient à l'étape 17 pour changer de fréquence. L'étape 20 permet de réaliser la démodulation de la fréquence de balise synchrone de la fréquence de trafic et de fournir parmi les messages de signalisation la liste des fréquences de trafic utilisées par la cellule qui possède cette fréquence de balise. L'étape 21 10 permet de comparer cette liste à la fréquence de trafic brouilleuse. En cas de concordance, le cellule brouilleuse est trouvée et le procédé fournit son identification CI et son code BSIC, en décodant les bursts SCH de la fréquence de balise.

Afin de faciliter le marquage temporel de l'arrivée des bursts de 15 trafic brouilleur et afin d'éviter les dérives d'horloge trop importantes, il est possible d'utiliser une structure de dispositif tel que représenté sur la figure 23, où l'on trouve :

- le même réseau d'antenne 1 que sur la figure 4,
- un diviseur 39 ( $N$  vers  $2N$ ) qui permet de diviser le signal 20 reçu sur chaque antenne,
- deux récepteurs 2 qui sont positionnés, l'un sur la fréquence brouilleuse et l'autre qui recherche la fréquence de balise associée,
- un équipement numérique 40 permet de numérisé deux fois 25 plus de signaux que l'équipement 3 de la figure 3 et qui permet d'effectuer une recherche de bursts TCH en permanence sur le signal reçu par le premier récepteur et une recherche de bursts SCH synchrone au sens du TDMA sur le signal reçu par le deuxième récepteur ; la comparaison de 30 synchronisme TDMA est effectuée dans l'équipement 40 et présenté à l'utilisateur à l'aide d'un interface 41.

Afin d'éviter l'utilisation du diviseur 39, il est possible d'utiliser tout simplement deux fois plus d'antenne pour former un réseau avec  $2N$  antennes.

## 12

Comme la norme GSM prévoit l'utilisation de 8 séquences de référence possibles pour les bursts de trafic dont la longueur n'est que de 26 symboles, il s'ensuit des performances limitées en ce qui concerne l'intercorrélation entre les séquences celle ci faisant apparaître, comme le

5 montre la figure 12, des pics secondaires de niveaux importants entre les différentes séquences. Compte tenu des variations de dynamique importantes dans la réception des signaux, ces pics secondaires sont la cause comme le montre la figure 13, de fausses alarmes dans le traitement multivoies. Ce niveau de fausse alarme est limité en utilisant

10 un algorithme de tri qui se déroule suivant les étapes 22 à 34 de l'organigramme de la figure 14.

Cet algorithme prend en compte la prédiction qui peut être effectuée sur la position des pics secondaires et sur leur niveau. Le traitement commence à l'étape 22 par une détection des bursts TCH,

15 suivie à l'étape 23 par un tri des bursts détectés en les triant dans une liste par ordre décroissant de leur rapport signal à bruit estimé SNIR. Durant l'étape 22 le repérage de la position des séquences de référence est effectué et le SNIR correspondant à chaque position est estimé.

L'étape 24 permet d'initialiser le processus de filtrage en

20 positionnant un pointeur N sur la première position dans la liste.

L'étape 25 a pour but de sélectionner le TSC courant, le SNIR courant et la position courante de l'élément sélectionné dans la liste par le pointeur N. L'étape 26 permet de positionner un deuxième pointeur K sur la même position que le premier pointeur. L'étape 27 permet de

25 passer le deuxième pointeur K sur la position suivante dans la liste.

L'étape 28 permet d'adresser une table d'ambiguïté avec comme entrée les TSC utilisés par les éléments de la liste pointés par les deux pointeurs N et K. Cette table détermine la liste des écarts d'ambiguïté en temps possible pour les deux TSC sélectionnés, ainsi que

30 pour chaque écart d'ambiguïté le SNIR associé.

Cette liste peut être déterminée par simulations de la façon suivante : le signal émis est composé d'une suite de bursts GSM, formés de deux séquences de 58 bits d'information aléatoires disposées alternativement de part et d'autre de chacune des huit séquences

35 d'apprentissage TSC<sub>i</sub> (i = 0, ..., 7) définies dans la norme. Pour chacune

- des huit séquences d'apprentissage  $TSC_i$ , un grand nombre de bursts sont émis, et le critère de synchronisation correspondant à chacune des huit séquences  $TSC_j$  ( $j = 0, \dots, 7$ ) est calculé pour les positions de synchronisation  $\Delta p$  comprises entre -35 (soit -16 bits) et +35 (soit +16 bits) comme montré à la figure 22. Pour chacun des couples ( $i$  : séquence émise,  $j$  : séquence testée), on note les positions  $\Delta p$  pour lesquelles le seuil a été dépassé au moins une fois. Pour ces positions, on calcule la valeur moyenne du critère de synchronisation lorsque le seuil est dépassé, ainsi que le pourcentage des cas où le seuil a été dépassé. Les résultats sont stockés dans la table d'ambiguïtés, exploités par l'algorithme de tri, qui tient compte de ces valeurs pour décider qu'une séquence  $TSC_i$  détectée sur une position  $p$  ne doit pas être retenue puisqu'elle correspond en réalité à une séquence  $TSC_j$  émise sur la position  $p + \Delta p$ .
- 15 L'étape 29 compare l'écart mesuré pour les deux éléments de la liste avec la liste des écarts d'ambiguïté en temps possibles pour les TSC. Si une concordance existe le procédé continue à l'étape 30, sinon il passe à l'exécution de l'étape 27 pour positionner le deuxième pointeur K sur l'élément suivant de la liste.
- 20 L'étape 30 est optionnelle. Elle effectue une comparaison grossière entre les SNIR de la table d'ambiguïté et ceux détectés. Si une concordance existe, le procédé continue à l'étape 31, si non il retourne à l'étape 27 afin de positionner le deuxième pointeur K sur un autre élément de la liste.
- 25 L'étape 31 permet d'éliminer l'élément pointé par K.
- L'étape 32 vérifie s'il reste des éléments dans la liste à parcourir par le pointeur K, si oui le procédé retourne à l'étape 27 pour incrémenter le pointeur K. Sinon il continue à l'étape 33 pour incrémenter le pointeur N.
- 30 L'étape 34 achève le processus en vérifiant s'il reste des éléments dans la liste pour incrémenter le pointeur N. Si oui, alors le procédé retourne à l'étape 25. Sinon le processus est terminé.
- Cet algorithme peut toutefois être optimisé, dans le cas d'un brouillage de type trafic sur une fréquence de balise. Dans ce cas en effet, les positions des bursts de trafic sur la fréquence de balise sont
- 35

connues à partir des positions des bursts SCH. Les positions des bursts TCH d'une fréquence de balise étant parfaitement connues celles-ci, ne doivent pas être filtrés par l'algorithme de tri. C'est ce qui est représenté sur l'organigramme de la figure 15, ou les positions correspondant à ces  
5 bursts sont positionnés en tête de la liste et ne sont pas remis en cause dans le filtrage.

Le traitement commence à l'étape 35 par le repérage des bursts SCH, la détermination du BSIC (qui fournit la séquence TSC des bursts BCCH), et la détermination des rapports signal à bruit SNIR  
10 correspondants. On constitue ainsi une liste de M positions qui se sont pas remis en cause.

En parallèle sont menées les étapes 22 et 23 identiques à celles de la figure 14, qui fournissent une autre liste. Ces deux listes sont adjointes lors de l'étape 37 en prenant soin de placer les M éléments  
15 précédents en tête de la liste, et d'éliminer les redondances.

Le traitement de filtrage peut ensuite démarrer, tel que précisé sur la figure 15. Il est identique à celui de la figure 14, hormis à l'étape 38 qui ne permet pas de positionner le pointeur K dans le haut de la liste (uniquement après le M-ième éléments de la liste).

20 Afin de réduire le nombre de comparaisons à effectuer dans l'algorithme de tri, les positions de synchronisation pour chaque TSC peuvent être regroupées par classe d'équivalence modulo 8 I.T. (c'est-à-dire modulo un intervalle temporel égal à  $8 \cdot 156.25 \cdot 48/13 \mu s$ , correspondant au rythme de la trame GSM). Chaque classe d'équivalence  
25 représente ainsi une position de synchronisation inférieure au nombre d'échantillons contenus dans 8 I.T., et pour chacune d'entre elles, on indique le nombre de position de synchronisation associé, ainsi que le SNIR moyen (moyenne des SNIR estimés pour chaque élément de la classe). L'algorithme de tri peut alors être mis en oeuvre de la façon  
30 décrite ci-dessus en utilisant les positions de synchronisation de chacune des classes d'équivalence ainsi définies. Deux contraintes supplémentaires peuvent être utilisées pour optimiser l'algorithme de tri :

-Le pourcentage des cas où le seuil est dépassé, stocké dans la table d'ambiguïté, peut être utilisé : pour éliminer l'élément K de la liste,  
35 le rapport entre le nombre d'éléments de la classe d'équivalence associée



à position (K) et le nombre d'éléments de la classe d'équivalence associée à la position courante doit être du même ordre de grandeur que le pourcentage des cas où le seuil est dépassé.

-Un pré-tri peut être effectué en éliminant les classes d'équivalences insuffisamment remplies suivant un seuil fonction du nombre maximum d'éléments dans chaque classe d'équivalence et du pourcentage minimum d'occupation pour décider qu'un canal TCH correspondant à une classe d'équivalence est actif : un canal TCH actif 1% du temps par exemple a toutes les chances de correspondre à une fausse alarme et la classe d'équivalence correspondante est éliminée.

Un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé est représenté à la figure 17. Celui ci comprend un dispositif de filtrage spatial 42 couplé à un dispositif d'extraction de messages et de décodage 43. L'exécution de la première étape du procédé qui consiste à détecter la présence de bursts SCH sur un canal de balise ,ou la présence de bursts TCH sur un canal de trafic peut être mise en oeuvre suivant la technique de synchronisation décrite dans la demande de brevet N°2715488 déposée au nom de la Demanderesse ayant pour titre « Procédé et dispositif permettant à un modem de se synchroniser sur un transmetteur de données numériques par voie hertzienne en présence de brouilleurs. » Cette technique permet à un modem de se synchroniser à l'aide de séquences d'apprentissage insérées dans la forme d'onde. Elle consiste à estimer la matrice de corrélation  $\hat{R}_{XX}$  des signaux reçus sur N capteurs du réseau d'antennes, à calculer la matrice de corrélation inverse  $R_{XX}$  ,à calculer des vecteurs d'intercorrélation  $\hat{r}_{Xd}$  entre les signaux  $X(k)$  reçus sur l'ensemble des N capteurs et un signal d'apprentissage ou de référence connu pour calculer un critère de synchronisation multicapteur. Appliqué à l'invention cette technique permet de détecter la présence d'un burst de type SCH ou TCH sur un échantillon p de signal en fonction de la valeur d'un critère de synchronisation multivoies  $C(p)$  défini par la relation :

$$C(p) = \frac{\hat{r}_{Xd}(p)^+ \cdot \hat{R}_{XX}^{-1}(p) \cdot \hat{r}_{Xd}(p)}{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^N |d(n)|^2}$$

avec :

$$\hat{r}_{Xd}(p) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^N X(n+p) \cdot d^*(n)$$

$$\hat{R}_{XX}(p) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^N X(n+p) \cdot X(n+p)^+$$

La synchronisation est placée à l'instant d'apparition d'un échantillon (p) de signal lorsque la valeur C(p) du critère est supérieure à une valeur de seuil déterminée  $\eta$ . Pour chaque position de synchronisation détectée, le SNIR du trajet correspondant peut être estimé par la formule :

$$SNIR = \frac{C(p)}{1 - C(p)}$$

Ce SNIR est utilisé lors de l'étape 30 de l'algorithme de tri des bursts TCH.

La mise en oeuvre de la synchronisation multi-voies nécessite donc, pour chaque position p testée, le calcul de  $\hat{r}_{Xd}(p)$ , de  $\hat{R}_{XX}(p)$ , de l'inverse de  $\hat{R}_{XX}(p)$  et du critère  $\hat{r}_{Xd}(p)^+ \cdot \hat{R}_{XX}^{-1}(p) \cdot \hat{r}_{Xd}(p)$ .

Afin de limiter la puissance de calcul de la synchronisation multi-voies, la matrice  $\hat{R}_{XX}(p)$  est calculée et inversée toutes les P positions, c'est à dire pour les positions  $p_0$  telles que p modulo P soit nul, en effectuant la corrélation sur N+P échantillons :

$$\hat{R}_{XX}(p_0) = \frac{1}{(N+P)} \cdot \sum_{n=0}^{N+P} X(n+p_0) \cdot X(n+p_0)^+$$

Sur les P positions suivant la position  $p_0$ , le critère C(p) est calculé en utilisant  $\hat{R}_{XX}^{-1}(p_0)$ , le calcul de  $\hat{r}_{Xd}(p)$  restant inchangé.

Dans les relations précédentes d(n), n=0, ..., L, désigne le signal complexe correspondant à la séquence d'apprentissage des signaux SCH ou TCH, échantillonné à une fréquence  $F_e$ , et X(n), n=0, ..., N, désigne le signal multicapteur reçu à l'entrée du filtre temporel 21, échantillonné à la fréquence  $F_e$ .

Les positions de synchronisation détectées fournissent les informations de départ nécessaires pour la démodulation. Sur la figure 17 la démodulation est obtenue suivant deux étapes, une étape de filtrage spatial par le dispositif 42 et une étape d'égalisation monovoie par le

dispositif 44. Le filtrage spatial permet d'une part, d'éliminer les interférences présentes sur un même canal ou sur un canal adjacent et d'autre part, d'obtenir un gain de diversité qui est obtenu en écartant suffisamment les capteurs les uns des autres pour qu'il reçoivent des états de fading indépendants. Le filtrage spatial peut être mis en oeuvre soit en utilisant une méthode connue de filtrage spatial sur réplique simple (FAS-R) qui conduit à séparer les différents multitrajets associés à une émission donnée, soit en utilisant une méthode de filtrage spatiale sur réplique filtrée (FAS-RF) qui permet quant à elle de prendre en compte l'ensemble de ces multitrajets.

Le filtrage spatial et l'égalisation sont mis en oeuvre dans l'invention en exploitant les séquences d'apprentissage SCH pour la démodulation des bursts SCH ou les séquences d'apprentissage TSC pour la démodulation des bursts BCCH.

La méthode de filtrage spatiale sur réplique est connue de l'homme de l'art et on pourra se reporter utilement à l'article ayant pour titre « Adaptive antenna systems » des auteurs B. WIDROW, P.E. MANTHEY, L.J. GRIFFITHS, A.B. GOODE, publié dans Pro. IEEE, Vol 57, N°2, pp. 2143-2159, Dec. 1967.

La méthode de filtrage spatial sur réplique filtrée est décrite dans la demande de brevet n° 2742619 déposée au nom de la demanderesse ayant pour titre: « Procédé d'égalisation multicapteur permettant une réception multicapteur en présence d'interférences et de multitrajets de propagation, et récepteur pour sa mise en oeuvre » et pour inventeurs MM. François PIPON, Pierre VILA et Didier PIREZ.

Comme le montre la figure 18 l'application d'un filtre spatial sur les signaux reçus sur les antennes permet de modifier le diagramme de réception du système et donc de séparer les différents signaux reçus en formant des trous de réception dans la direction de signaux interférents afin de permettre de démoduler et d'identifier le signal émis par une station de base donnée. Un type d'amélioration qui peut être obtenu est représenté aux figures 19 et 20.

Un mode de réalisation du dispositif d'égalisation 44 est représenté à la figure 21. Celui ci comprend un dispositif de calcul 45 couplé à un dispositif de filtrage spatial sur réplique 42 par l'intermédiaire

d'un filtre adapté 46 et d'un dispositif d'estimation de canal 48. Le dispositif de calcul 45 effectue l'égalisation monodimensionnelle des signaux en sortie du filtrage spatial pour chacune des sources détectée. Pour cela il comprend un processeur de traitement du signal 47 convenablement programmé selon l'algorithme connu de Viterbi couplé d'une part, au filtre spatial 42 au travers du filtre adapté 46 et d'autre part, à un dispositif d'estimation de canal 56 au travers d'un dispositif de calcul des coefficients  $\gamma$  49 nécessaire à l'exécution de l'algorithme de Viterbi. Un dispositif de calcul d'estimation du rapport signal à bruit 50 est également couplé en sortie du dispositif de calcul 49 et à la sortie du dispositif d'estimation de canal 56. Le processeur 47 détermine la séquence de symboles transmise qui rend minimum la probabilité d'erreur de décision. L'égalisation monodimensionnelle peut également être réalisée par d'autres types d'algorithmes, moins complexes numériquement que l'algorithme de Viterbi, qui sont utilisés pour une réception monocapteur comme celui connu sous le nom de « M.algorithme » qui est une version simplifiée de l'algorithme de Viterbi ou encore l'égaliseur DFE, bien que ces égaliseurs conduisent à des résultats légèrement dégradés par rapport ceux obtenus avec l'algorithme de Viterbi. Ils peuvent cependant être utilisés pour des applications où la puissance de calcul disponible est insuffisante pour mettre en oeuvre ce dernier.

Le principe de l'égalisation monodimensionnelle qui est effectuée par le processeur 47 est décrit ci après en prenant pour modèle de modulation celui d'une modulation GMSK. Dans ce qui suit ( $d_n$ ) désigne la suite des bits transmis, prenant des valeurs '0' ou '1' et il est supposé que les données  $d_n$  sont codées différenciellement avant d'être modulées. L'information transmise est donc constituée par la suite ( $a_n$ ), calculée à partir de la suite ( $d_n$ ) par les formules suivantes:

$$a_n = 1 \text{ si } d_n = d_{n-1} \text{ et } a_n = -1 \text{ si } d_n \neq d_{n-1} . \quad (1)$$

On rappelle ici que la modulation GMSK est une modulation à phase continue qui peut s'exprimer de façon approchée sous la forme d'une modulation linéaire telle qu'elle est décrite dans l'article de M. P.A. LAURENT, ayant pour titre : «Exact and approximate construction of

digital phase modulations by superposition of amplitude modulated pulse (AMP)", IEE Trans. Comm. vol 34 (1986) pp. 150-160.

En appelant  $Z(t)$  le signal modulé, celui ci est de la forme:

$$z(t) = \sum_n j^n b_n C_0(t) \quad \text{avec: } b_n = \prod_{k \leq n} a_k. \quad (2)$$

5 où  $C_0(t)$  est la première fonction principale de la modulation GMSK.

Le signal modulé  $z(t)$  peut aussi s'écrire sous la forme d'un produit de convolution, en notant  $s_n = j^n b_n$ , par la relation:

$$z(t) = \left( \sum_n s_n \delta(t) \right) * C_0(t) = s(t) * C_0(t) \quad \text{avec } s(t) = \sum_n s_n \delta(t) \quad (3)$$

10 dans laquelle la suite  $(s_n)$  constitue la suite des symboles transmis. La démodulation consiste à déterminer la suite  $(s_n)$  puis à remonter ensuite à la suite des bits émis  $(d_n)$ .

Le signal émis  $z(t)$  arrive sur le réseau de réception comportant  $K$  capteurs, après son passage dans le canal de propagation radiomobile.

15 Le signal multicapteurs reçu s'exprime à partir du signal  $s(t)$  par la relation :

$$\mathbf{X}(t) = [x_1(t), \dots, x_K(t)]^T = s(t) * \mathbf{G}(t) + \mathbf{B}(t), \text{ où:}$$

-  $\mathbf{G}(t)$  est le canal multicapteurs reçu, constitué de la forme d'onde globale émission  $C_0(t)$ , du filtre émission, du canal de propagation  
20 et du filtre de réception,

-  $x_i(t)$  est le signal reçu sur le capteur  $i$ ,

-  $\mathbf{B}(t)$  est le vecteur bruit total composé du bruit de fond et des signaux brouilleurs éventuels. (à noter que chacun des signaux reçus par le réseau est signal utile lorsqu'il s'agit de le démoduler ou signal  
25 brouilleur lorsqu'il s'agit de démoduler un autre signal).

$\mathbf{X}(t)$  peut aussi s'écrire en fonction des symboles transmis suivant la relation :

$$\mathbf{X}(t) = \sum_n s_n \mathbf{G}(t - nT_s) + \mathbf{B}(t). \quad (4)$$

où  $T_s$  est la période-symbole.

30 L'égalisation monocapteur du signal de sortie du filtre spatial  $x(t) = \mathbf{W}^+ \mathbf{X}(t)$  s'obtient en utilisant un Filtre Adapté au canal 46 dont l'expression de la fonction de transfert est donnée par une relation de la forme:

$$h(t) = 1/s^2 g(t), (5)$$

où  $W$  e  $s^2$  est la puissance du bruit  $b(t) = W^+ B(t)$  en sortie du filtre spatial,

et  $g(t) = W^+ G(t)$  est le canal utile en sortie du filtre spatial.

- 5 Le processeur 47 détermine la séquence de symboles transmise. Il est programmé selon l'algorithme de Viterbi dont une description peut être trouvée dans l'article de M.J.G. PROAKIS, ayant pour titre "Adaptive Equalization for TDMA Digital Mobile Radio", IEEE Trans. on Vehicular Techn., vol 40, n°2, Mai 1991 [5]). Cet algorithme
- 10 permet, à partir d'une séquence de symboles  $(y_n)$  obtenue en sortie du filtre adapté 46, de trouver la séquence  $(s^{k_0}_n)$  d'indice  $k_0$  qui minimise la probabilité d'erreur de décision sur la séquence de symboles transmis, ou encore de façon équivalente qui maximise le critère suivant :

$$(6) \begin{cases} k_0 = \arg \text{MAX}_k \left\{ j^k(X) = \sum_n j^k_n(X) \right\} \\ \text{avec : } j^k_n(X) = 2 \text{Re} \left[ s_n^{k*} \left( y_n - \sum_{p < n} s_p^k \gamma_{n-p} \right) \right] - |s_n^k|^2 \gamma_0 \\ \text{où : } \begin{aligned} - \gamma_n &= g^+(-t) * h(t)_{t=nTs} \\ - y_n &= h^+(-t) * y(t)_{t=nTs} \end{aligned} \end{cases}$$

15

L'algorithme de Viterbi travaille à partir du signal de sortie  $y_n$  du filtre adapté 46 et des coefficients  $\gamma_n$  obtenus en sortie du dispositif de calcul 49.

En considérant:

- 20  $H$  le vecteur constitué à partir des échantillons temporels du canal de propagation en sortie du filtre spatial 50 tel que:

$$H = (g(0), \dots, g[(L-1)Te])^T. (8)$$

- et en notant:  $S(n Te) = \{s(n Te), \dots, s[(n-L+1)Te]\}^T$  le vecteur formé à l'aide des symboles connus de la séquence d'apprentissage, le
- 25 signal traité s'écrit:

$$y(n Te) = H^H S(n Te) + b(n Te) \quad (9) \text{ ou } Te \text{ représente la période d'échantillonnage, multiple de la période symbole } Ts.$$

L'estimation du canal calculée par le dispositif de calcul 48 est obtenue par application de la formule connue de Wiener, suivant la relation :

$$H = R_{ss}^{-1} r_{sy}, \quad (10)$$

- 5 où la matrice de corrélation  $R_{ss}$  et le vecteur d'intercorrélation  $r_{sy}$  sont estimés par l'estimateur classique non biaisé défini par la relation :

$$\begin{aligned} R_{SS} &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N S(nT_e) S(nT_e)^H \\ r_{Sy} &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N S(nT_e) y(nT_e)^* \end{aligned} \quad (11)$$

- 10 où l'opérateur " $H$ " représente l'opération de transposition-conjugaison.

L'estimation est réalisée sur les 16 bits placés au centre d'une séquence d'apprentissage TSC (soit sur  $N=32$  échantillons lorsque  $T_e=2T_s$ ) ou sur les 59 derniers bits de la séquence d'apprentissage SCH ( $N=2 \times 59 = 118$  lorsque  $T_e=2T_s$ ).

- 15 L'estimation du canal de propagation, permet d'obtenir une estimation des échantillons de la puissance de bruit par la formule:

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N [y(nT_e)]^2 - r_{Sy}^H R_{SS}^{-1} r_{Sy}. \quad (12)$$

- 20 Ce calcul est effectué par le dispositif de calcul 48 qui applique ce résultat sur une entrée du dispositif de calcul du rapport signal à bruit 50.

Les coefficients du filtre adapté au canal 54 sont obtenus en application de la formule (5) suivant la relation :

$$h(iT_e) = 1/s^2 g(iT_e) \quad (14)$$

- 25 Les coefficients  $\gamma_n$  utilisés par l'algorithme de Viterbi sont obtenus par la formule (6), qui s'exprime aussi de la façon suivante :

$$\gamma_n = \sum_{i=0}^{L-1-2n} g^*(iT_e) h((2n+i)T_e) \quad (15)$$

Ces coefficients représentent le modèle d'IIS en sortie du filtre spatio-temporel 42 qui est à traiter par l'égaliseur monodimensionnel.

(Le facteur  $2n$  est dû au fait que les coefficients utilisés par l'algorithme de Viterbi sont calculés au rythme-symbole).

Le rapport signal à bruit en sortie du filtre spatial 42 est égal au coefficient  $\gamma_0$ . Ce bruit est en première approximation uniquement  
 5 composé par du bruit de fond, puisque les interférences constituées par les autres émissions sont réjectées. Le coefficient  $\gamma_0$  constitue par conséquent une estimation du rapport signal à bruit de fond en sortie du filtre spatial.

En supposant que le réseau de capteurs reçoive deux émissions  
 10 sur le même canal, en sortie du filtre spatial 42 calculé pour l'émission  $k$  ( $k=1$  ou  $2$ ), le rapport signal à bruit de fond peut être estimé par la formule :

$$S/B_k = (p_k / s^2)(1 - a^2)$$

où  $p_k$  est la puissance totale reçue sur les  $K$  capteurs du  
 15 réseau, pour l'émission  $k$ ,

et  $a^2$  est la corrélation spatiale entre les deux émissions (produit scalaire au carré des deux vecteurs directeurs normalisés).

Une comparaison entre les rapports signal à bruit  $S/B_1$  et  $S/B_2$ , par le dispositif de calcul 58 permet de déduire le rapport  $C/I$  entre  
 20 la puissance de l'émission issue de la cellule serveuse et la puissance de l'émission issue de la cellule interférente.

La puissance absolue en dBm de chaque source peut également être estimée: elle est environ égale à la somme du niveau de bruit en dBm présent sur chaque capteur (connue en fonction du gain) et du rapport  
 25  $S/B_k$ . Cette quantité constitue une approximation du rapport signal à bruit, qu'il faut corriger en tenant compte:

- que l'estimateur plafonne pour les fortes valeurs du rapport  $S/B$ ,

- que la puissance  $p_k$  est la puissance totale reçue (et donc  
 30 qu'elle est  $K$  fois supérieure à la puissance moyenne reçue sur chaque capteur),

- du facteur  $1 - a^2$ .

Les deux premiers phénomènes peuvent être pris en compte par une calibration en injectant un signal de niveau connu en entrée des



récepteurs et en comparant le niveau estimé en dBm au niveau effectivement injecté.

### Revendications

1. Procédé d'analyse des interférences dans un système de radiocommunication cellulaire comportant des fréquences de balise et des fréquences de trafic caractérisé en ce qu'il consiste pour rechercher sur une fréquence d'analyse déterminée et à l'intérieur d'une cellule la provenance d'interférences causées par des cellules voisines,
  - à effectuer (8) une synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage des fréquences de balise pour déterminer le nombre de stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de balise,
  - à démoduler (10) après filtrage spatial les identifiants des stations de base émettrices des fréquences de balise sur lesquelles une synchronisation a été prise,
  - à effectuer (14) une synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage des fréquences de trafic pour déterminer le nombre de stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de trafic.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste pour déterminer les identifiants des stations de base utilisant la fréquence d'analyse comme fréquence de trafic à rechercher (22,...,36) sur l'ensemble des fréquences du réseau les stations de base qui ont une fréquence de balise synchrone avec la fréquence de trafic, à les démoduler après filtrage spatial pour obtenir leurs identifiants (fréquences de balise et identité de la station de base) et à conserver celle qui comporte la fréquence d'analyse parmi la liste des fréquences de trafic démodulées.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2 caractérisé en ce qu'il consiste pour effectuer la synchronisation multivoies sur les séquences d'apprentissage associées aux fréquences de balise ou de trafic en présence ou non de brouilleurs, à estimer la matrice de corrélation  $\hat{R}_{XX}$  de signaux reçus sur un ensemble de N capteurs, à calculer la matrice de corrélation inverse  $\hat{R}_{XX}^{-1}$  à calculer des vecteurs d'intercorrélation  $\hat{r}_{Xd}$  entre les signaux  $X_{(k)}$  reçus sur l'ensemble des N capteurs et un signal d'apprentissage  $d(n)$  connu, à calculer un

critère de synchronisation multiplicateur en effectuant le produit scalaire entre le vecteur d'intercorrélation  $\hat{r}_{Xd}$  et un vecteur obtenu par le produit de l'inverse de la matrice de corrélation  $\hat{R}_{XX}^{-1}$  et du vecteur d'intercorrélation transposé conjugué  $\hat{r}_{Xd}^+$  et à comparer la valeur du

5 critère obtenu à une valeur de seuil  $\eta$  déterminée pour placer la synchronisation sur l'échantillon (P) du signal pour lequel la valeur du critère dépasse la valeur du seuil  $\eta$ .

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la  
séquence d'apprentissage  $d(n)$  correspond à la séquence d'apprentissage  
10 des signaux SCH et TCH des systèmes de radiocommunication GSM et DCS1800.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, sur une fréquence de balise la démodulation des messages de signalisation indiquant en particulier les fréquences de  
15 trafic associées et l'identité de la station de base est obtenue par filtrage spatial mis en oeuvre en exploitant la séquence d'apprentissage de la fréquence de balise pour modifier le diagramme de réception et séparer les différents signaux reçus en formant des trous de réception dans la direction des signaux brouilleurs produits par d'autres stations de base et  
20 des brouilleurs externes au réseau.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il consiste à mettre en oeuvre une méthode de filtrage spatiale sur réplique, en faisant intervenir le trajet de plus forte puissance déterminé à partir de la synchronisation multivoies par l'adaptation du filtre spatial.

25 7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser une méthode de filtrage spatiale sur réplique filtrée qui permet de faire intervenir l'ensemble des trajets utiles pour l'adaptation du filtre spatial.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il  
30 consiste à effectuer une égalisation monodimensionnelle des signaux obtenus par filtrage spatial.

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer une égalisation monodimensionnelle des signaux obtenus par filtrage spatial.

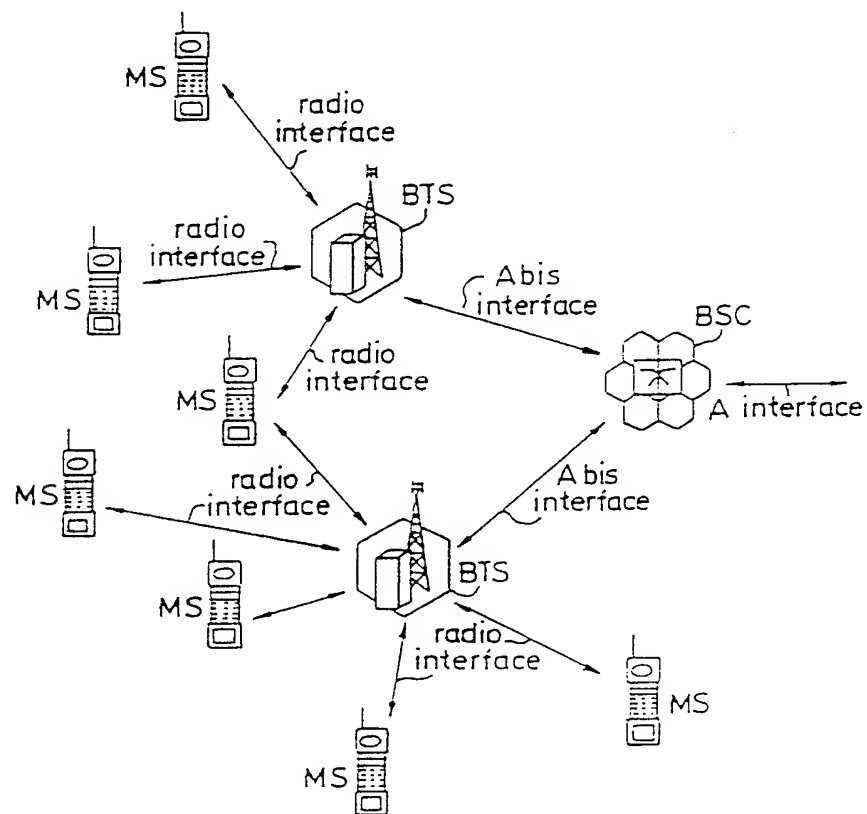
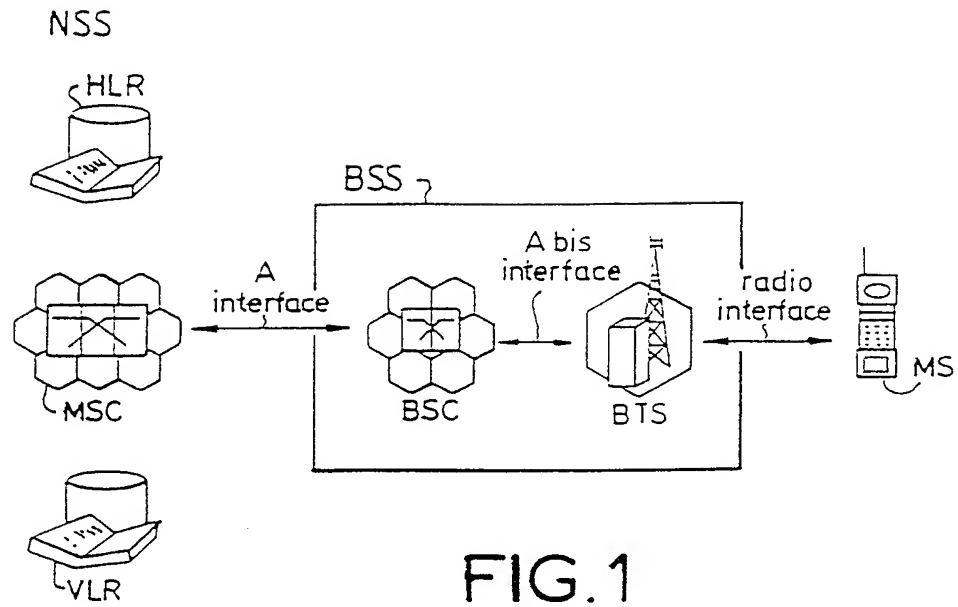
10. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend un réseau d'antennes (1) couplé à un récepteur multivoies (2) pour la réception synchrone des signaux reçus par chacune des antennes et un  
5 équipement de traitement numérique (3) couplé au récepteur multivoie (2) et à une interface de stockage (5).

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'équipement de traitement numérique (3) détermine, dans un réseau GSM DCS1800, sur les canaux de type balise, le mot d'identification  
10 BSIC des cellules obtenu après démodulation des bursts SCH ainsi que l'identité CI et le code de localisation LAC de chaque cellule obtenus après démodulation des bursts BCCH.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 11, caractérisé en ce que les antennes du réseau d'antennes (1) sont  
15 espacées entre elles, d'une distance supérieure à 0,5 fois la plus grande longueur d'onde des fréquences utilisées dans le système de radiocommunication.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que le récepteur multivoies (2) comprend un  
20 dispositif d'extraction de messages et de décodage (43) couplé à un dispositif de filtrage spatial (42) par l'intermédiaire d'un dispositif d'égalisation (44) monodimensionnel comportant un processeur programmé suivant l'algorithme de Viterbi.

1/14



2/14

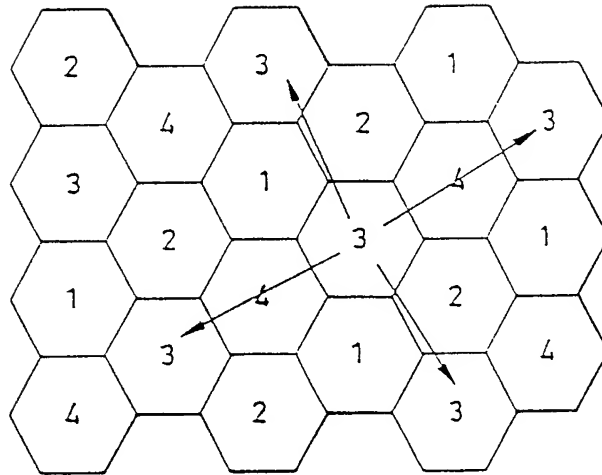


FIG. 3

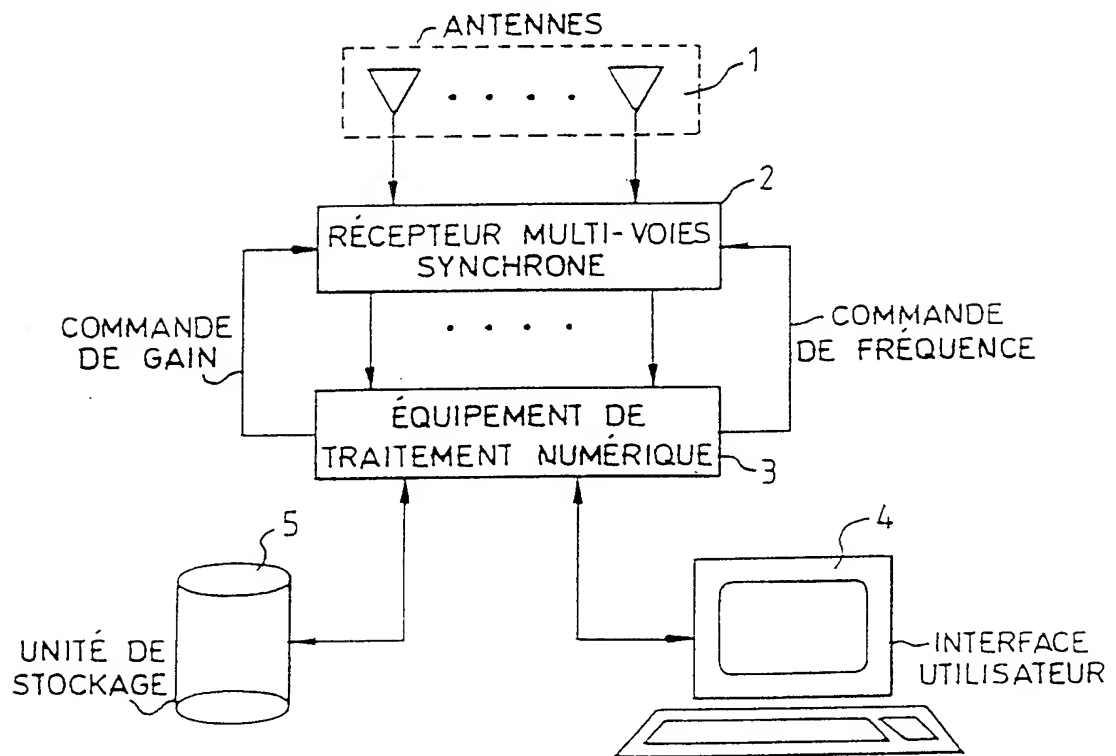


FIG. 4

3/14

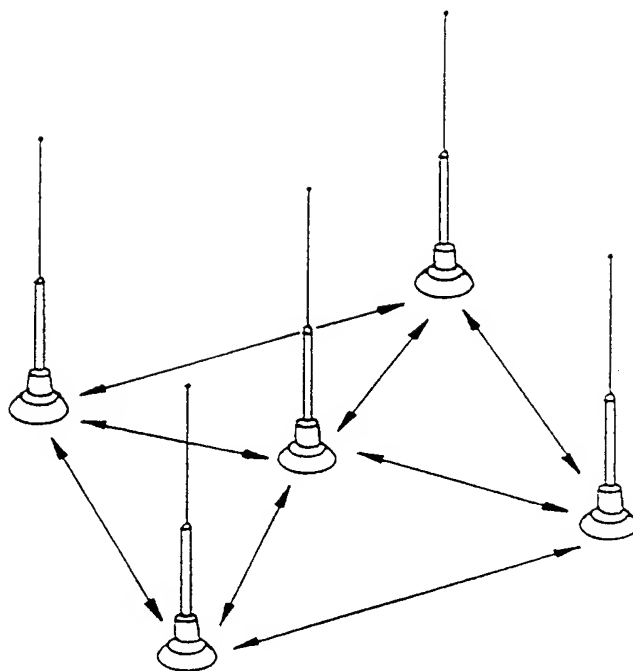


FIG. 5

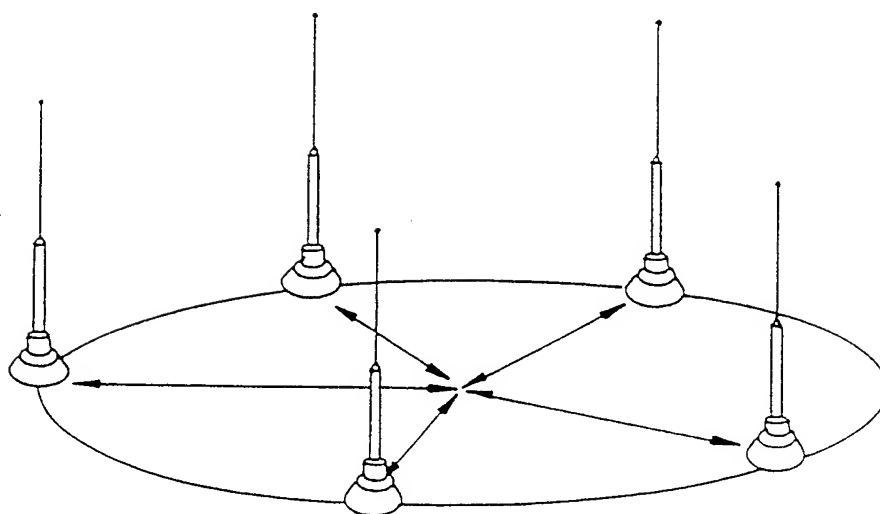
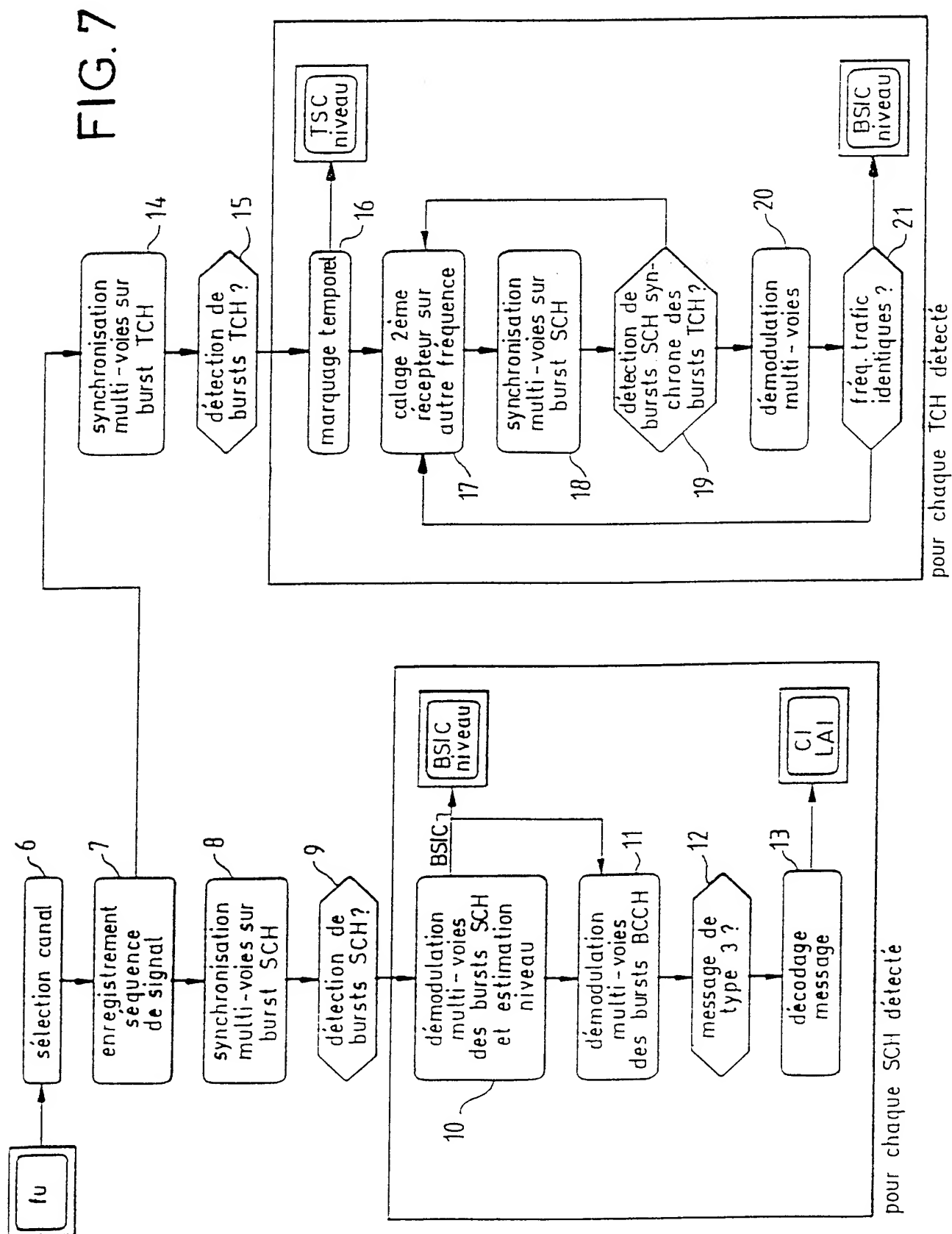


FIG. 6





5/14

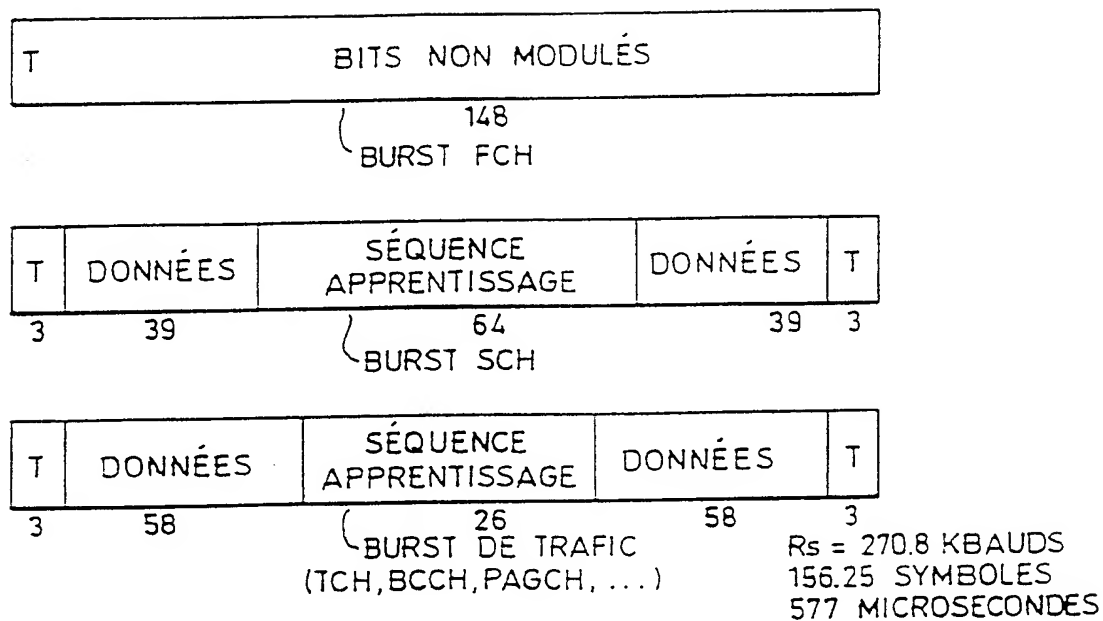


FIG.8

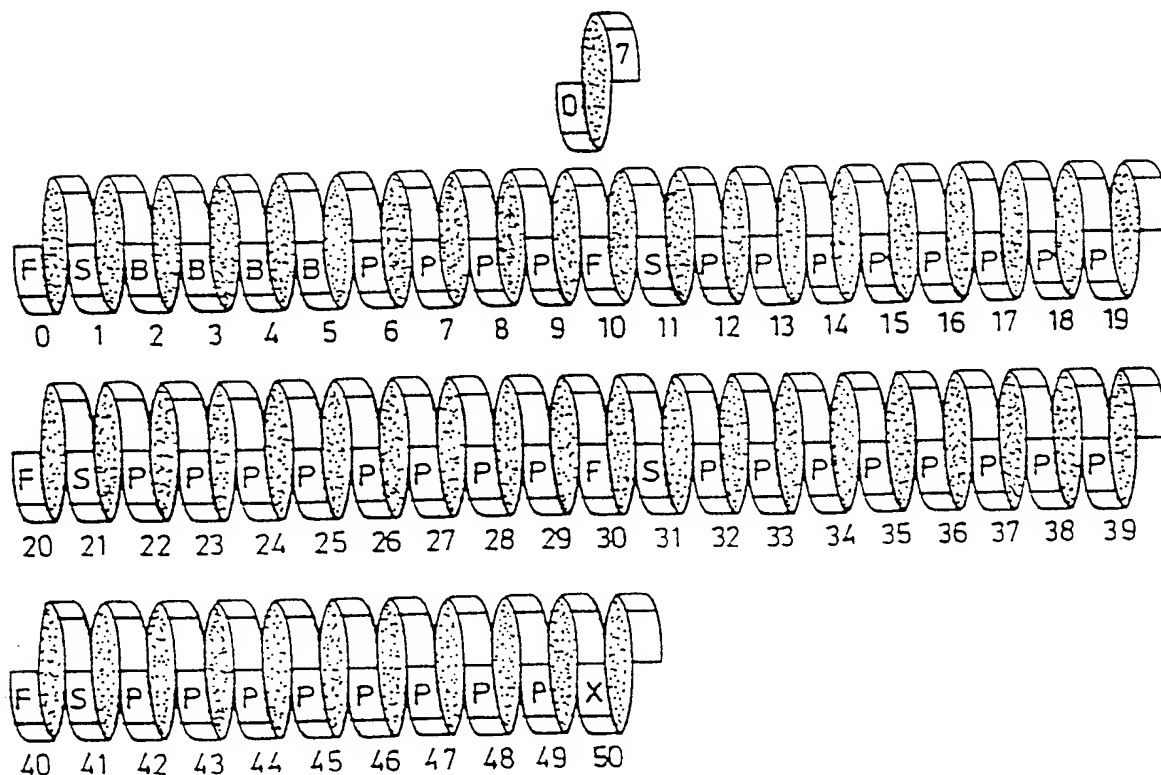


FIG.9

6/14

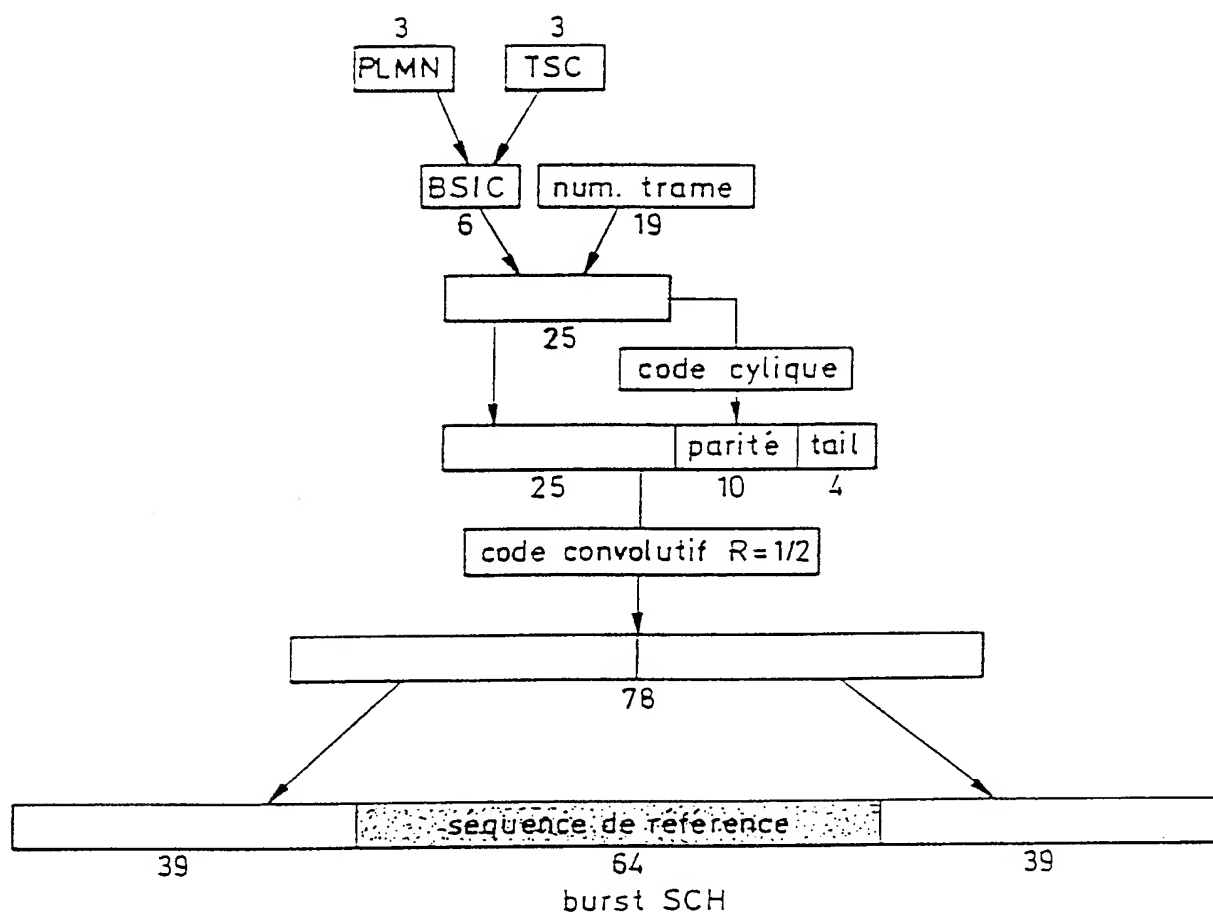


FIG.10

7/14

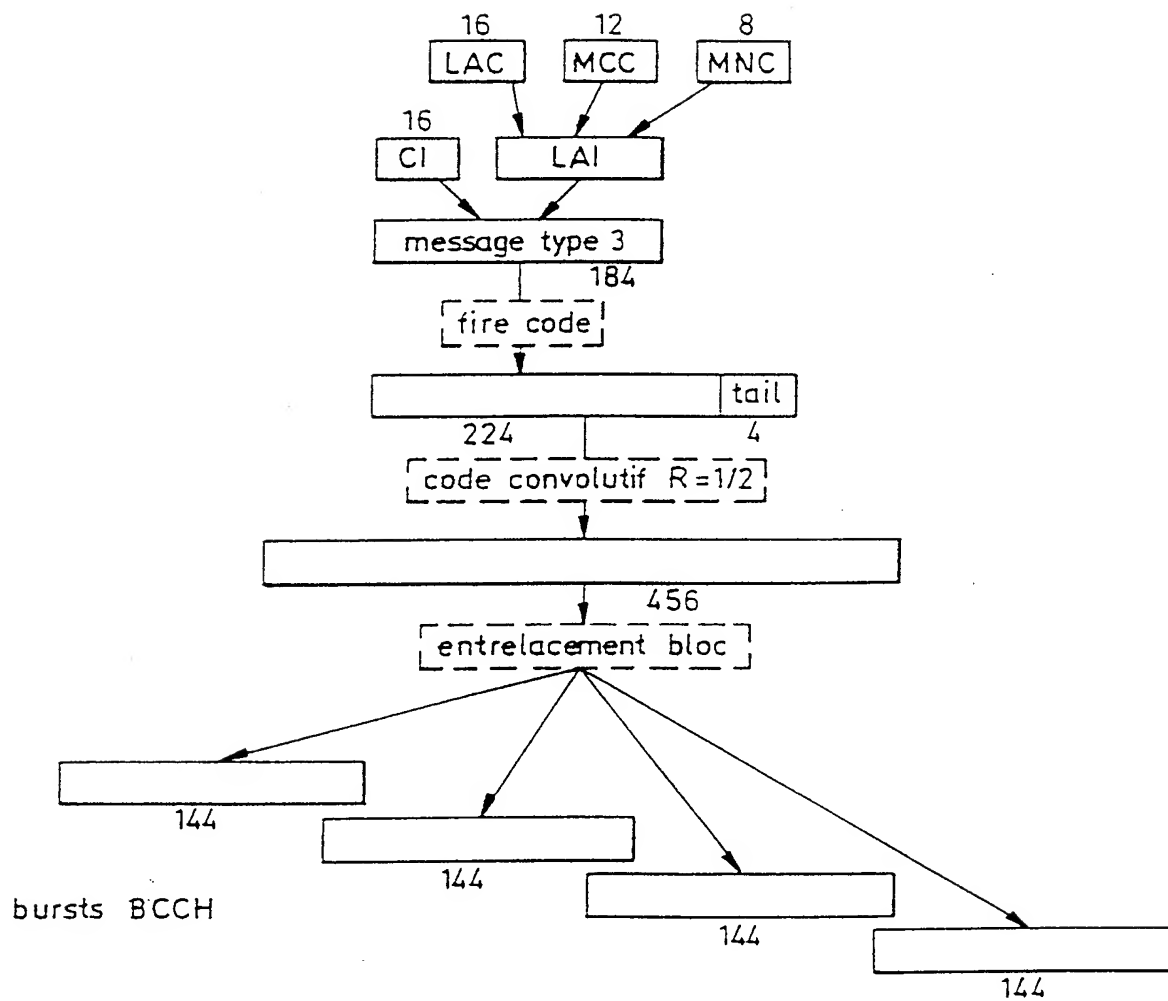
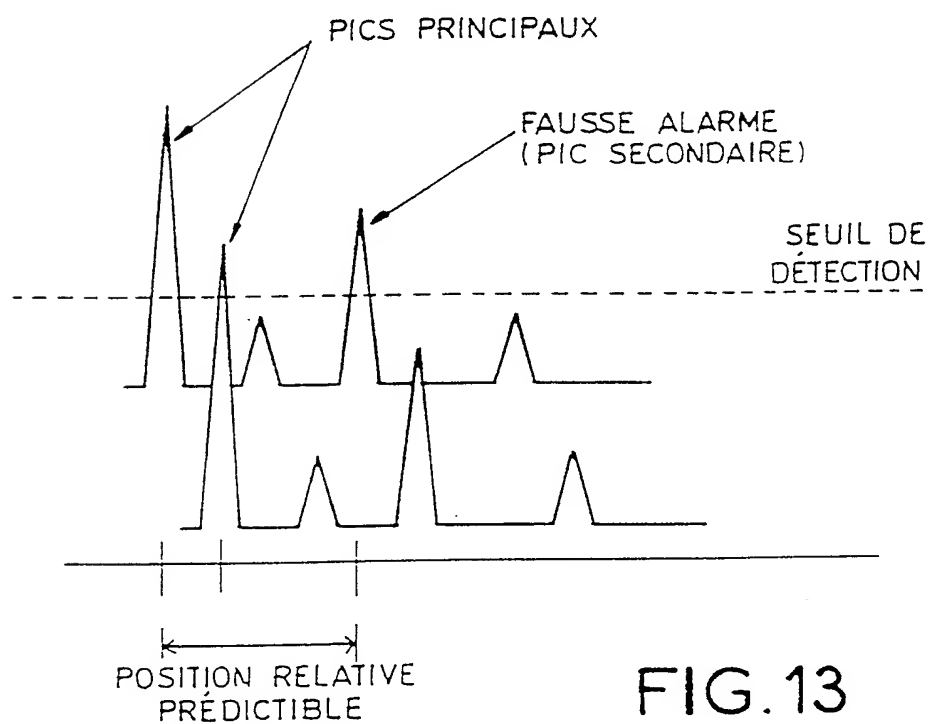
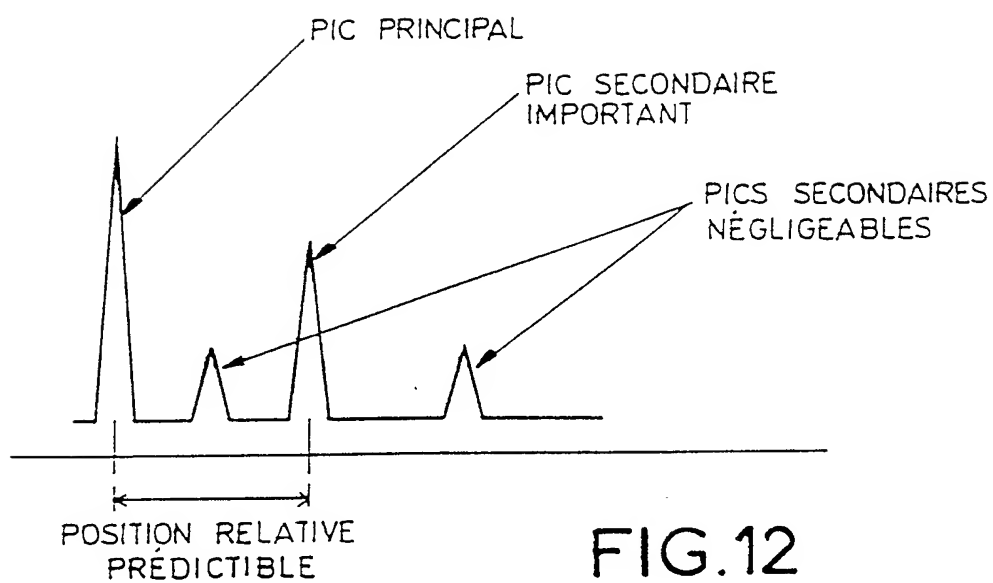


FIG.11

8/14



9/14

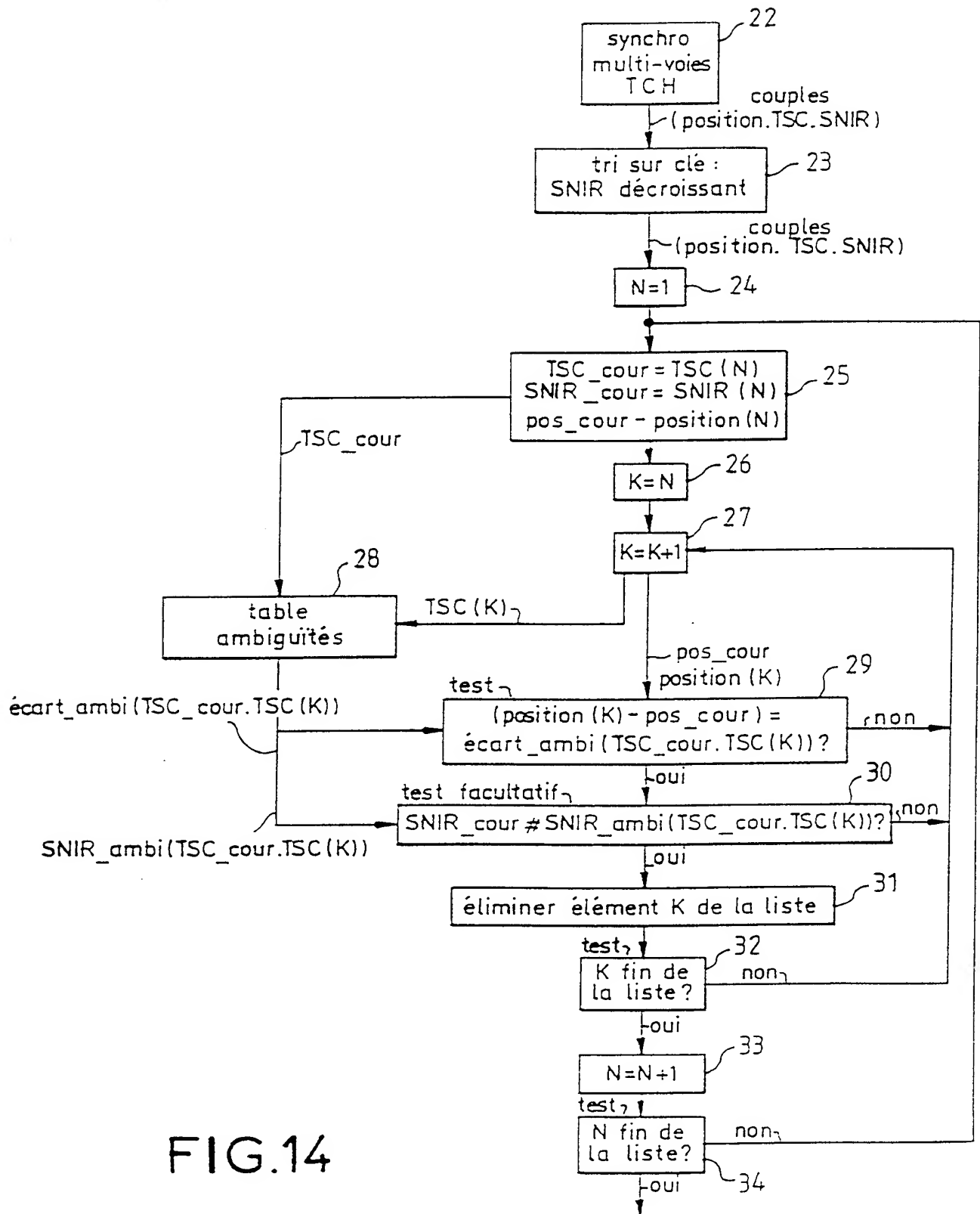
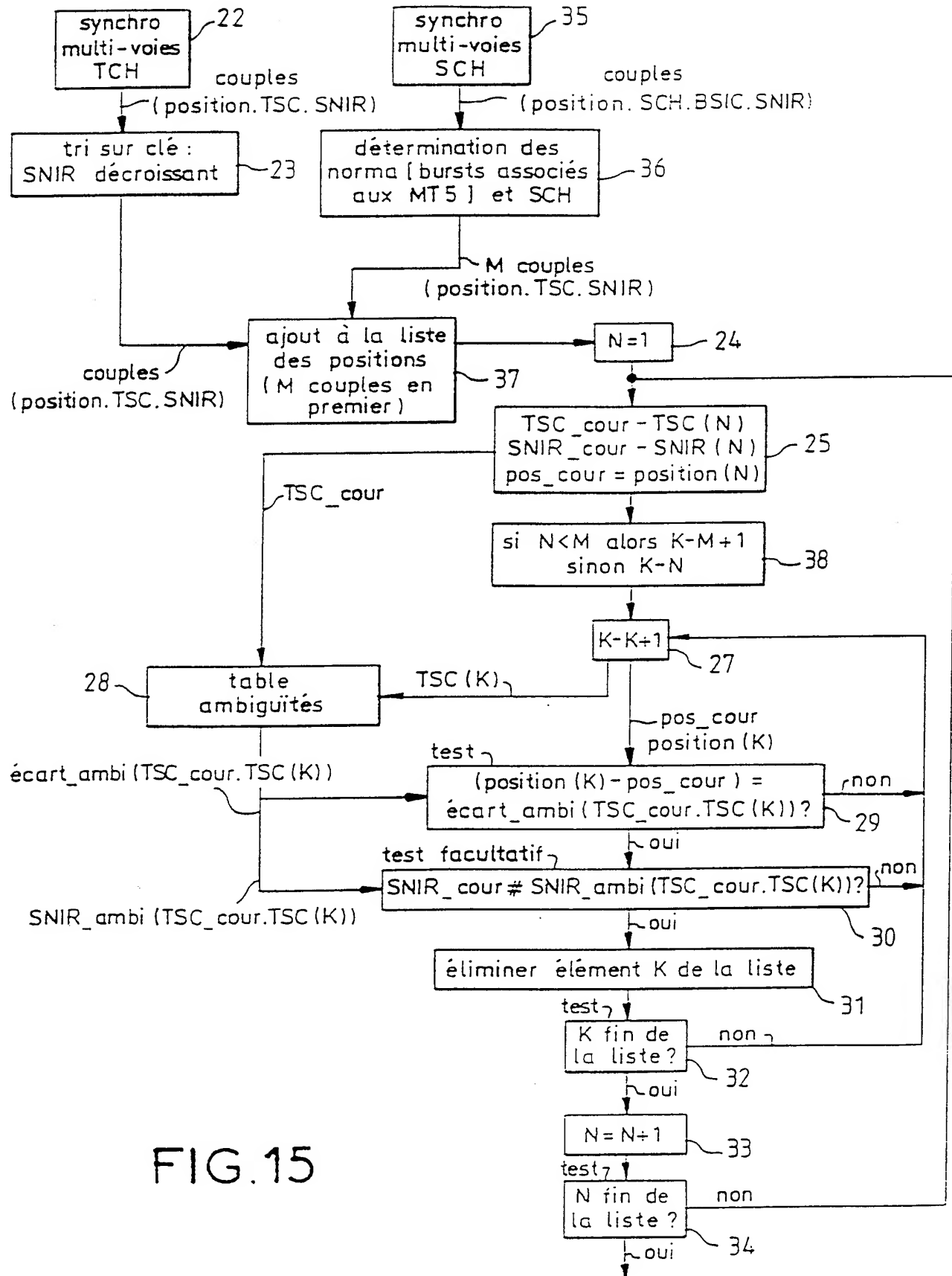


FIG.14

10/14



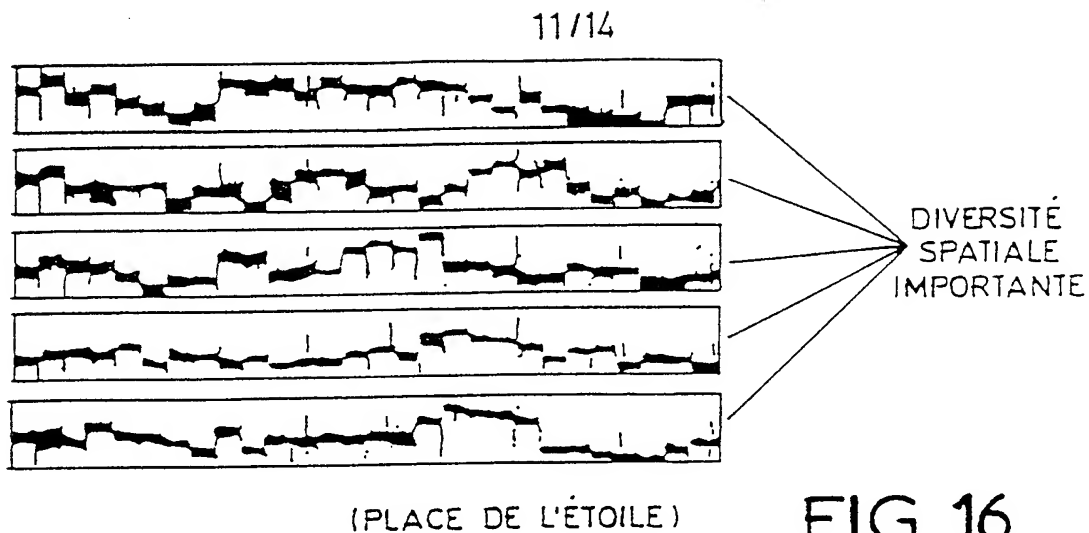


FIG. 16

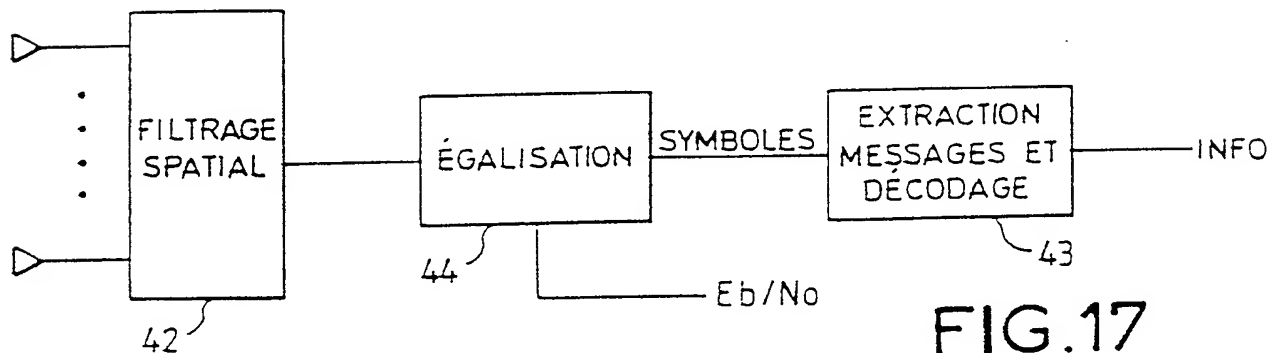


FIG. 17

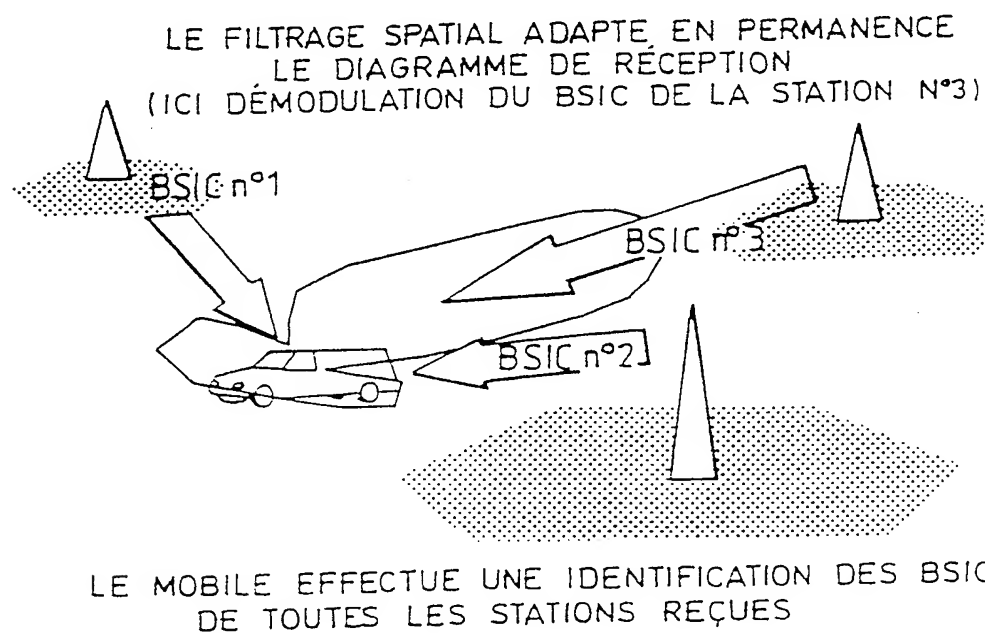


FIG. 18

12/14

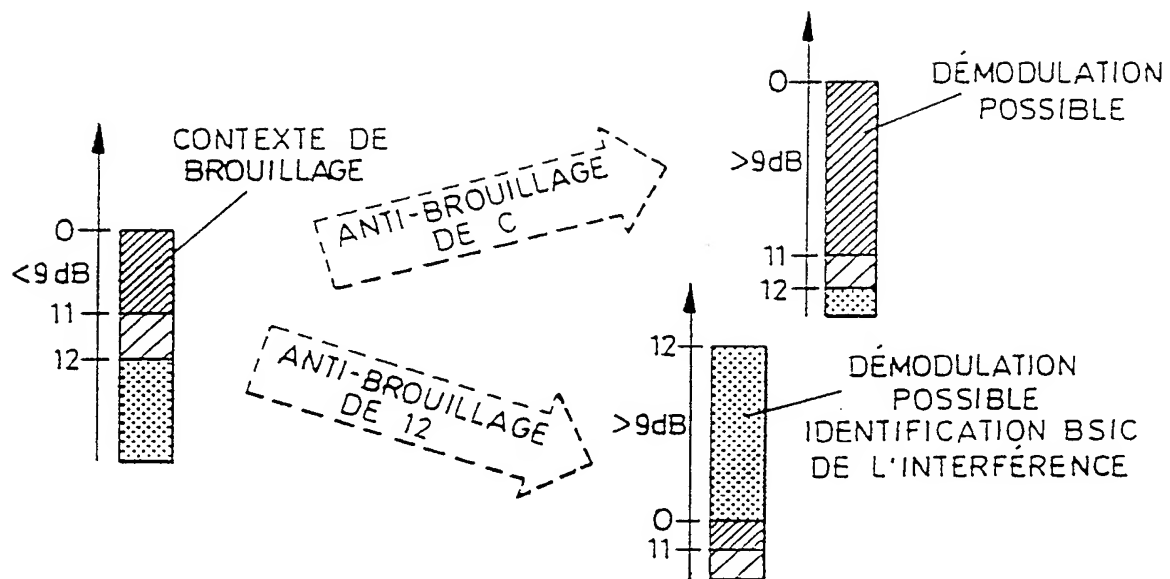


FIG. 19

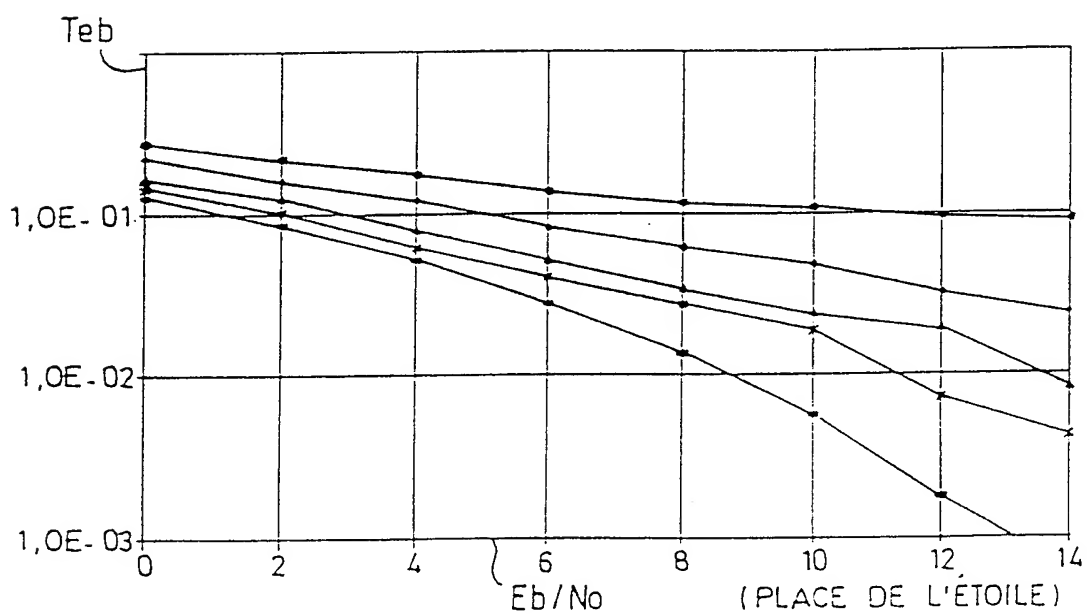


FIG. 20



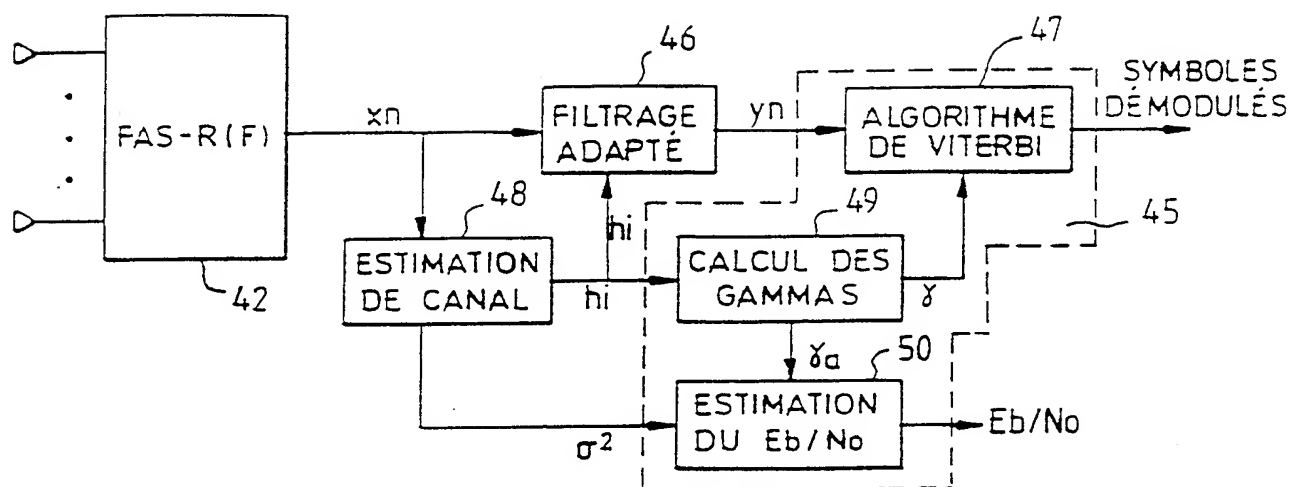


FIG. 21

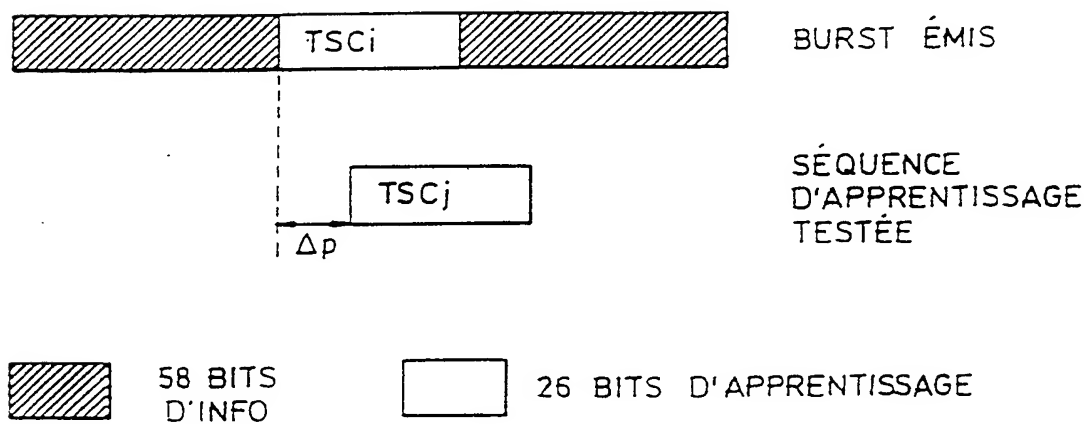


FIG. 22

14/14

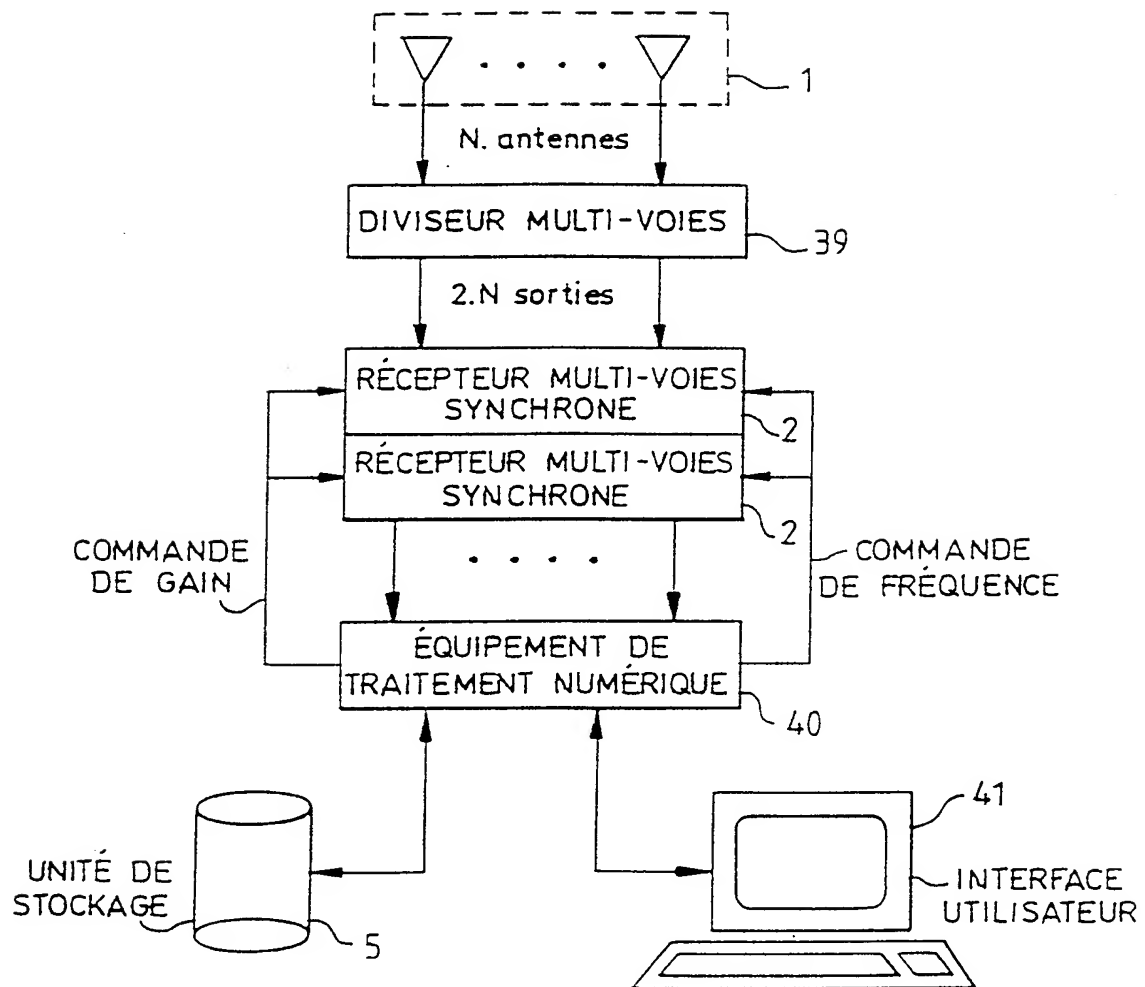


FIG. 23

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 98/01511

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H04Q7/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MATHAUER V: "OPTIMALE FUNKZELLENPLANUNG" NACHRICHTEN ELEKTRONIK UND TELEMATIK, vol. 46, no. 6, 1 June 1992, page 317/318, 320 XP000471604 see the whole document -----	1, 2, 10, 11

☐

Further documents are listed in the continuation of box C.

☐

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 1998

Date of mailing of the international search report

23/11/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coppieters, S

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De de Internationale No  
PCT/FR 98/01511

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 6 H04Q7/34

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 H04Q

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	MATHAUER V: "OPTIMALE FUNKZELLENPLANUNG" NACHRICHTEN ELEKTRONIK UND TELEMATIK, vol. 46, no. 6, 1 juin 1992, page 317/318, 320 XP000471604 voir le document en entier -----	1, 2, 10, 11

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 novembre 1998

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/11/1998

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Coppieters, S